



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3
จังหวัดชายแดนภาคใต้

อรจิรา สิทธิศักดิ์

อนิศรา เพ็ญสุข

ทวีป จันท์เจริญ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยทักษิณ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3
จังหวัดชายแดนภาคใต้

อรจิรา สิทธิศักดิ์

อนิศรา เพ็ญสุข

ทวีป จันทรเจริญ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยทักษิณประจำปีงบประมาณ 2558



คำรับรองคุณภาพ

รายงานวิจัยเรื่อง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในตามจังหวัดชายแดนภาคใต้
ผู้วิจัย อรจิรา สิทธิศักดิ์ อนิศรา เพ็ญสุข และทวีป จันทรเจริญ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอรับรองว่ารายงานวิจัยฉบับนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว มีความเห็นว่าผลงานวิจัยฉบับนี้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์

- ☒ ดีมาก
- ☐ ดี
- ☐ ปานกลาง
- ☐ พอใช้
- ☐ ควรปรับปรุง

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพันธุ์ เจมकुมาศัย)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

23 ธันวาคม 2558

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ เป็นผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น

คณะผู้วิจัย

พฤศจิกายน 2558

บทคัดย่อ

ความไม่สงบที่เกิดขึ้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีระดับความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทำให้ความปลอดภัยในการเดินทางของประชาชนในพื้นที่ลดน้อยลง ดังนั้นการวางแผนการเดินทางเข้าออกในพื้นที่ 3 จังหวัดมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ปัจจุบันประชาชนขาดข้อมูลสถานที่และระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นและเส้นทางการเดินทางที่เป็นไปได้สำหรับการวางแผนการเดินทาง จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ขึ้น โดยใช้ขั้นตอนวิธีระบบมด (Ant System Algorithm) มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาระบบสำหรับค้นหาเส้นทาง ซึ่งผลลัพธ์จากระบบจะทำการแนะนำเส้นทางที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากเงื่อนไขของผู้ใช้งาน เช่น เส้นทางที่สั้นที่สุด เส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดและเส้นทางที่ผู้ใช้ไม่ต้องการเดินทางผ่าน จากนั้นระบบทำการเรียงลำดับเส้นทางทั้งหมดตามเงื่อนไขของผู้ใช้ เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการวางแผนการเดินทาง

การประเมินผลงานวิจัยนี้ ประเมินจากการวัดประสิทธิผลของระบบโดยการเลือกตัวอย่างโหนดทั้งหมด 20 โหนดจากข้อมูลบริเวณที่มีการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบบ่อยครั้ง โดยเป็นบริเวณอำเภอเมืองปัตตานีที่มีสถานที่สำคัญจำนวนมาก จึงใช้ข้อมูลบริเวณดังกล่าวเป็นตัวแทนของข้อมูลสำหรับการประเมินระบบ ผลที่ได้จากประเมินระบบคือ ความแม่นยำ (Precision) มีค่าเท่ากับ 83% และค่าระลึก (Recall) มีค่าเท่ากับ 62.28% สรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีระบบมดสามารถค้นหาเส้นทางเพื่อใช้สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในอนาคตสามารถนำระบบต้นแบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ไปพัฒนาให้มีความสมบูรณ์ หรือพัฒนาระบบสำหรับการค้นหาเส้นทางพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ ได้

Abstract

The unrest situation in three provinces of Thailand's southern border are increasing every day. People travel in and out of three provinces of Thailand's southern border with less comfort and safety. So, travelling plan is important. Most people lack information of location and the violence occurred. As a result planning accurately is quite difficult before they get on the road. Therefore, this research aims to develop a decision support system for finding optimal path for roads in three provinces of Thailand's southern border. This research, we applied the ant system algorithm for finding optimal path. The results from this system will recommend the most appropriate path based on user conditions such as the shortest path, the safest path and the unwanted path. Then, the system sorts all these paths according to the conditions and shows to users for planning a trip within 3 provinces of Thailand's southern border.

In the result, we evaluate the system effectiveness. From the information about the locations where violence occurred, most of the data are the landmarks of the three provinces. So we chose 20 nodes from that information for the representative data in the system. The result showed 83% of Precision and 62.28% of Recall. So, we concluded that the application of the ant system algorithm can find the optimal path in three provinces of Thailand's southern border and can apply in decision support system effectively. In the future, the researchers can apply this decision support system prototype for finding optimal path in the other province.

สารบัญเรื่อง

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract.....	ค
สารบัญเรื่อง.....	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ชื่อโครงการวิจัย	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหาวิจัย.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....	2
1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 การตัดสินใจ	4
2.1.2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System :DSS)	4
2.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model).....	6
2.1.4 Dijkstra's algorithm.....	7
2.1.5 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)	8
2.1.6 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System :GIS)	8
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา.....	12
2.2.1 ภาษาพีเอชพี	12
2.2.2 ฐานข้อมูล MySQL.....	14
2.2.3 Google Map API.....	14

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	17
3.1 การศึกษาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูล	17
3.1.1 การศึกษาข้อมูล	17
3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	17
3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	19
3.3 ขั้นตอนวิธีการระบบมดและการประยุกต์ใช้	23
3.3.1 ขั้นตอนวิธีการระบบมด (Ant System Algorithm)	23
3.3.2 การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมวิธีการระบบมด (Ant System Algorithm).....	25
3.4 สถาปัตยกรรมระบบและการออกแบบระบบ	32
3.4.1 สถาปัตยกรรมระบบ.....	32
3.4.2 การออกแบบหน้าจอ	33
3.5 การพัฒนาและการทำงานของระบบ	42
3.6 การทดสอบ.....	45
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	46
4.1 การประเมินประสิทธิผลของระบบ	46
4.1.1 วัตถุประสงค์และเกณฑ์การประเมิน	46
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	112
5.1 สรุปผล.....	112
5.2 อภิปรายผล	113
5.3 ข้อเสนอแนะ	113
บทที่ 6 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์	115
บรรณานุกรม.....	116
ภาคผนวก : คู่มือการใช้งาน.....	119
ประวัตินักวิจัยและคณะ	129

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลของสถานที่ (Node)	21
ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างข้อมูลในตารางสถานที่ (Node)	22
ตารางที่ 3-3 ข้อมูลของประเภทสถานที่ (Type)	22
ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างข้อมูลในตารางประเภทสถานที่ (Type)	22
ตารางที่ 3-5 ข้อมูลถนน (Edge)	22
ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างข้อมูลในตารางข้อมูลถนน (Edge)	23
ตารางที่ 3-7 ข้อมูลจุดเกิดเหตุความรุนแรง (Danger)	23
ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างข้อมูลในตารางข้อมูลจุดเกิดเหตุความรุนแรง (Danger)	23
ตารางที่ 3-9 แทนค่าหาความน่าจะเป็น	26
ตารางที่ 3-10 การทดสอบหาความน่าจะเป็นเพื่อกำหนดค่า α ที่เหมาะสม	29
ตารางที่ 3-11 การทดสอบหาความน่าจะเป็น เพื่อกำหนดค่า β ที่เหมาะสม	29
ตารางที่ 3-12 ทดสอบหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม	31
ตารางที่ 4-1 ข้อมูลสถานที่หรือโหนด	46
ตารางที่ 4-2 สรุปผลการทดสอบ	50
ตารางที่ 4-3 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 1	52
ตารางที่ 4-4 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางการทดสอบกรณีที่ 1	52
ตารางที่ 4-5 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 2	64
ตารางที่ 4-6 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางการทดสอบกรณีที่ 2	64
ตารางที่ 4-7 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 3	70
ตารางที่ 4-8 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 4	76
ตารางที่ 4-9 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 5	78
ตารางที่ 4-10 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 6	84
ตารางที่ 4-11 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 7	85
ตารางที่ 4-12 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 8	92
ตารางที่ 4-13 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 9	94
ตารางที่ 4-14 ข้อมูลการทดสอบกรณีที่ 10	99
ตารางที่ 4-15 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 11	100
ตารางที่ 4-16 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 12	104
ตารางที่ 4-17 แบบทดสอบ	109
ตารางที่ 4-18 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความพึงพอใจตามวิธีประมาณค่าของลิเคิร์ต	109
ตารางที่ 4-19 เกณฑ์การกำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินตามวิธีประมาณค่าลิเคิร์ต	109

ตารางที่ 4-20 ค่าการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้.....	111
--	-----

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ.....	7
ภาพที่ 2-2 กระบวนการทำงานของภาษา PHP	13
ภาพที่ 3-1 แหล่งข้อมูลเหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้.....	17
ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างแหล่งข้อมูลเหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นในจังหวัดปัตตานี.....	18
ภาพที่ 3-3 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางและสถานที่ที่สำคัญในจังหวัดปัตตานี	19
ภาพที่ 3-4 Use Case Diagram ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้	20
ภาพที่ 3-5 Sequence Diagram ของระบบแสดงแผนที่และค้นหาเส้นทาง.....	20
ภาพที่ 3-6 Sequence Diagram การเพิ่มข้อมูลสถานที่	21
ภาพที่ 3-7 กราฟตัวอย่างการคำนวณวิธีระบบมด	26
ภาพที่ 3-8 การทำงานของวงล้อเสียงทลายในขั้นตอนวิธีการระบบมด.....	27
ภาพที่ 3-9 สถาปัตยกรรมระบบ	32
ภาพที่ 3-10 หน้าจอเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ.....	34
ภาพที่ 3-11 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลสำหรับผู้ดูแลระบบ.....	35
ภาพที่ 3-12 หน้าจอค้นหาเส้นทาง.....	36
ภาพที่ 3-13 ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางจากคริสตจักรปัตตานีถึงที่ว่าการอำเภอปัตตานี	37
ภาพที่ 3-14 แสดงเส้นทางผ่าน Google map API	37
ภาพที่ 3-15 การค้นหาเส้นทางกรณีเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน	38
ภาพที่ 3-16 หน้าจอผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางกรณีเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน	39
ภาพที่ 3-17 หน้าจอแสดงเส้นทางผ่าน Google map API กรณีเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน	40
ภาพที่ 3-18 ค้นหาเส้นทางกรณีเลือกความสำคัญเส้นทางที่ปลอดภัย.....	40
ภาพที่ 3-19 ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางกรณีเลือกความสำคัญเส้นทางที่ปลอดภัย	41
ภาพที่ 3-20 แสดงเส้นทางผ่าน Google map API กรณีเลือกความสำคัญ คือ เส้นทางที่ปลอดภัย	42
ภาพที่ 3-21 การทำงานของระบบ.....	43
ภาพที่ 4-1 ข้อมูลสำหรับการทดสอบระบบ.....	47
ภาพที่ 4-2 ข้อมูลจุดเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบสำหรับการทดสอบระบบ.....	48
ภาพที่ 4-3 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 1	55
ภาพที่ 4-4 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 2	55
ภาพที่ 4-5 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 3	56
ภาพที่ 4-6 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 4	56
ภาพที่ 4-7 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 5	57

ภาพที่ 4-40 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 3	88
ภาพที่ 4-41 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 4	89
ภาพที่ 4-42 ค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 5	90
ภาพที่ 4-43 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 6	91
ภาพที่ 4-44 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 8 เส้นทางที่ 1	92
ภาพที่ 4-45 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 8 เส้นทางที่ 2	93
ภาพที่ 4-46 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 8 เส้นทางที่ 3	94
ภาพที่ 4-47 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 1	95
ภาพที่ 4-48 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 2	96
ภาพที่ 4-49 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 3	97
ภาพที่ 4-50 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 4	98
ภาพที่ 4-51 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 5	99
ภาพที่ 4-52 ทดสอบกรณี 10 ไม่พบเส้นทาง	100
ภาพที่ 4-53 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 1	101
ภาพที่ 4-54 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 2	102
ภาพที่ 4-55 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 3	103
ภาพที่ 4-56 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 4	104
ภาพที่ 4-57 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 1	105
ภาพที่ 4-58 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 2	106
ภาพที่ 4-59 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 3	107
ภาพที่ 4-60 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 4	108
ภาพที่ ก - 1 หน้าจอหลักของระบบ.....	119
ภาพที่ ก - 2 หน้าจอการเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ	120
ภาพที่ ก - 3 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลเส้นทาง.....	120
ภาพที่ ก - 4 หน้าจอแก้ไขข้อมูลเส้นทาง	121
ภาพที่ ก - 5 หน้าจอสำหรับแก้ไขเส้นทาง	121
ภาพที่ ก - 6 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป	122
ภาพที่ ก - 7 แสดงผลการค้นหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากคริสตจักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	123
ภาพที่ ก - 8 แสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่าน Google Map API	124
ภาพที่ ก - 9 แสดงผลการค้นหาระยะทางที่ปลอดภัยจากคริสตจักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	125
ภาพที่ ก - 10 แสดงเส้นทางที่ปลอดภัยผ่าน Google Map API	126
ภาพที่ ก - 11 แสดงผลการค้นหาระยะทางที่ปลอดภัยและไม่ต้องการผ่านโรงพยาบาลปัตตานี	127

ภาพที่ ก - 12 แสดงเส้นทางที่ปลอดภัยโดยไม่ผ่านโรงพยาบาลปัตตานีผ่าน Google Map API	128
--	-----

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ชื่อโครงการวิจัย

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

A Decision Support System for finding optimal path in 3 provinces of Thailand's southern border

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหาวิจัย

เหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส มีระดับความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ทำให้การดำรงชีวิต ความเป็นอยู่ของประชาชน และการเดินทางของประชาชนทั้งในและนอกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ดังนั้นการวางแผนในการเดินทางจึงเป็นส่วนสำคัญสำหรับประชาชนที่ต้องการเดินทางเข้าออกในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้ประชาชนจำเป็นต้องมีการวางแผนการเดินทางเพื่อความปลอดภัยในการเดินทาง ซึ่งตรงส่วนนี้ประชาชนขาดข้อมูลสถานที่และระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้น และ เส้นทางการเดินทางที่เป็นไปได้สำหรับการตัดสินใจในการวางแผนการเดินทางเพื่อความปลอดภัยและตรงตามความต้องการมากที่สุด

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ขึ้นเพื่อนำเสนอข้อมูลเส้นทางที่เป็นไปได้โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) สำหรับการค้นหาเส้นทางสำหรับการวางแผนการเดินทางบนพื้นฐานของข้อมูลระดับความรุนแรงของเหตุการณ์และจุดหมายปลายทางที่ต้องการเดินทาง พร้อมทั้งนำเสนอเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ โดยนำเสนอผ่านเทคโนโลยีทางด้านระบบภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems :GIS) ระบบดังกล่าวนำเสนอมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูล และเชื่อมโยงและผสมผสานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ โดยระบบช่วยในการจัดการ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสร้างตัวแบบที่ซับซ้อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการเดินทาง

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาแบบจำลองสำหรับการนำเสนอข้อมูลเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ

1.3.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

1.3.3 เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับนำเสนอความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูล และเชื่อมโยงและผสมผสานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส ระบบสามารถค้นหาและนำเสนอเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการวางแผนการเดินทางให้ผู้ใช้งานตัดสินใจเลือกเส้นทางเดินทางเข้าออกในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยสามารถเพิ่มข้อมูล ลบ แก้ไข ข้อมูลเหตุการณ์ความไม่สงบ จุดหมายเริ่มต้น และจุดหมายปลายทาง ความต้องการอื่นๆ เช่น ต้องการผ่านเส้นทางหลักเท่านั้น หรือ ต้องการผ่านสถานที่ที่เคยเกิดเหตุการณ์น้อยที่สุด หรือ เส้นทางที่สั้นที่สุด เป็นต้น ระบบจะทำการค้นหาและนำเสนอเส้นทางที่เป็นไปได้บนข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ระบบ

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลา/การดำเนินการ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. รวบรวมข้อมูลและศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	↔											
2. จัดทำแผนที่ และแผนผังเส้นทาง		↔										
3. สืบรวจเก็บข้อมูลเหตุการณ์และบันทึกพิภค	←											→
4. วิเคราะห์และออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ						↔						
5. จัดสร้างชั้นข้อมูลและออกแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์								↔				
6. พัฒนาระบบ									↔			
7. ทดสอบการใช้งานปรับปรุง แก้ไขฐานข้อมูลและจัดทำเอกสารประกอบการใช้โปรแกรม										↔		
8. จัดทำเอกสารและเล่มรายงานเขียนบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่											↔	

1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย

1.6.1 ผลิตภัณฑ์ระดับมหำบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 1 คน

1.6.2 ผลการวิจัยของโครงการสามารถนำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

1.6.3 ผลการวิจัยของโครงการสามารถนำไปขยายผลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับวางแผน และกำหนดแนวทางต่างๆ เกี่ยวกับเส้นทาง และเหตุการณ์ความรุนแรงของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองสำหรับการคำนวณระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยการนำเสนอข้อมูลเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยมีทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรอบแนวคิดในงานวิจัยดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การตัดสินใจ

- ความหมายของการตัดสินใจ

การตัดสินใจ (Decision Making) คือ กระบวนการคัดเลือกแนวทางปฏิบัติจากทางเลือกต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งจัดเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการแก้ไขปัญหา

- ลักษณะของปัญหาที่ผู้ตัดสินใจต้องเผชิญ

1. ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (Structured Problem) เป็นปัญหาที่มีวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจนแน่นอน หรือสามารถจำลองปัญหาได้ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ (แบบจำลองทางคณิตศาสตร์) และสามารถแทนค่าในสูตรจนสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างชัดเจน สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ด้วยการเขียนโปรแกรม เช่น การกำหนดระดับสินค้าคงคลัง หากผู้ตัดสินใจทราบปริมาณความต้องการที่แน่นอน ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด ระดับสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย และจุดสั่งซื้อสินค้า ผู้ตัดสินใจก็สามารถคำนวณหาผลลัพธ์ได้อย่าง

2. ปัญหาที่ไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Problem) เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาวิธีการแก้ไขได้อย่างชัดเจนและแน่นอน ไม่สามารถจำลองได้ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ จึงต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ตัดสินใจแก้ไขปัญหา เช่น การเลือกลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด

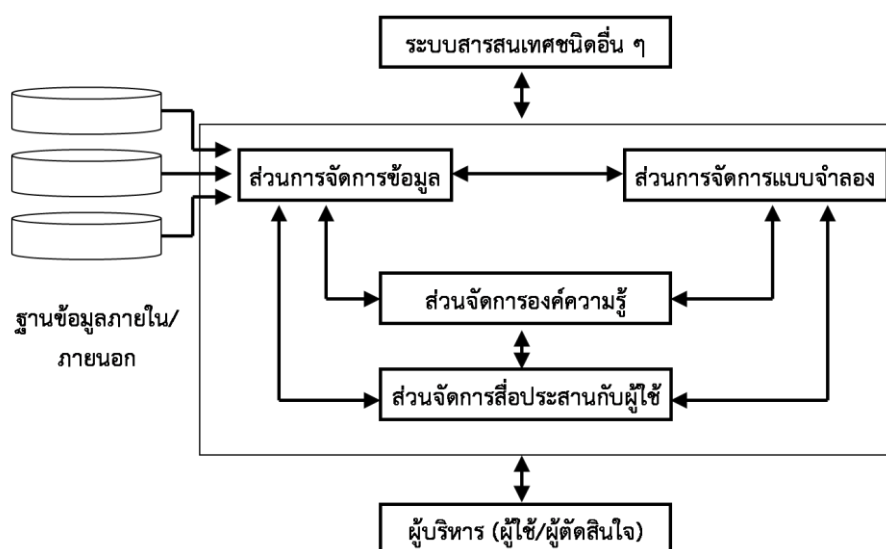
3. ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Problem) เป็นปัญหาที่มีลักษณะเฉพาะ ส่วนมากจะไม่เกิดซ้ำและไม่มีการดำเนินการมาตรฐาน หรือเป็นปัญหาที่มีการแก้ไขบางส่วนเท่านั้น ส่วนที่เหลือจะต้องอาศัยประสบการณ์หรือความชำนาญในการตัดสินใจแก้ไขปัญหา เทคโนโลยีได้แค่การสนับสนุนเท่านั้น เช่น การกำหนดระดับสินค้าคงคลัง ผู้ตัดสินใจไม่สามารถทราบปริมาณความต้องการสินค้าที่แน่นอนได้ จึงต้องอาศัยการคาดเดา

2.1.2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System :DSS)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือ DSS (ทวิศักดิ์ นาคม่วง, 2547) เป็นระบบที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการการรวบรวมข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างตัวแบบที่ซับซ้อนภายใต้ซอฟต์แวร์เดียวกันนอกจากนั้น DSS ยังเป็นการประสานการทำงานระหว่างบุคลากรกับ

เทคโนโลยีทางด้านซอฟต์แวร์โดยเป็นการกระทำโต้ตอบกันเพื่อแก้ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้างและอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นถึงสิ้นสุดขั้นตอนหรืออาจกล่าวได้ว่า DSS เป็นระบบที่โต้ตอบกันโดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อหาคำตอบที่ง่ายสะดวกรวดเร็วจากปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างที่แน่นอนดังนั้นระบบการสนับสนุนการตัดสินใจจึงประกอบด้วย ชุดเครื่องมือข้อมูล แบบจำลอง และทรัพยากรอื่นๆที่ผู้ใช้หรือนักวิเคราะห์นำมาใช้ในการประเมินผลและแก้ไขปัญหาดังนั้นหลักการของ DSS จึงเป็นการให้เครื่องมือที่จำเป็นแก่ผู้บริหารในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีรูปแบบที่ซับซ้อนแต่มีวิธีการปฏิบัติที่ยืดหยุ่น DSS จึงถูกออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานไม่เพียงแต่การตอบสนองในเรื่องความต้องการของข้อมูลเท่านั้น

ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ควรศึกษาสถาปัตยกรรมพื้นฐานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ดังภาพที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2551)



ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

- ส่วนการจัดการข้อมูล (Data Management) ประกอบด้วยส่วนของฐานข้อมูล, ระบบจัดการฐานข้อมูล, ส่วนสอบถามข้อมูล, สารบัญข้อมูล, ส่วนกลั่นกรองข้อมูล
- ส่วนการจัดการแบบจำลอง (Model Management) ประกอบด้วยส่วนของฐานแบบจำลอง, ระบบจัดการฐานแบบจำลอง, สารบัญแบบจำลอง, แบบจำลองการทำงาน
- ส่วนการจัดการสื่อสารกับผู้ใช้ (User Interface Management) ประกอบด้วย ส่วนของระบบจัดการสื่อสารกับผู้ใช้, ส่วนประมวลผลภาษาธรรมชาติ, หน่วยประมวลผล, หน่วยป้อนข้อมูลเข้า
- ส่วนการจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) เป็นส่วนที่รองรับปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางปัญญาประดิษฐ์มาช่วย

2.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) คือ เป็นประเภทของแบบจำลองการตัดสินใจที่ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในรูปของสมการ โดยจะอธิบายพฤติกรรม และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ (สุพจน์ เหล่างาม, 2547) ตัวอย่างแบบจำลอง เช่น

1. โครงสร้างของวิธีการระบบมด Ant system algorithm (Kittidech, V., 2010)

โครงสร้างของวิธีการระบบมด (Ant system algorithm) แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

● กระบวนการกำหนดเส้นทางเดินของมด

ในระบบมดการที่จะสร้างเส้นทางเดินหรือสร้างคำตอบได้นั้น เริ่มแรกมดจะทำการสุ่มเลือกเมืองหรือโหนด เริ่มต้นขึ้นมาก่อนซึ่งการเลือกเมืองหรือโหนดแต่ละครั้งจะใช้กฎความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะเลือกเมืองหรือโหนดถัดไปที่เรียกว่ากฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Random proportional rule) ซึ่งความเป็นไปได้ขณะที่มดอยู่เมืองนั้น จะเลือกเมืองถัดไปที่มดตัวที่ k ขณะที่อยู่เมือง i จะเลือกเมืองถัดไปที่ j ดังสมการที่ 1

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [n_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in N_i^k} [\tau_{ij}]^\alpha [n_{ij}]^\beta} \text{ ถ้า } j \in N_i^k \quad (1)$$

เมื่อ $n_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ เป็นค่าของข้อมูลที่ใช้สุ่มเลือกเมืองหรือโหนดอย่างมีเหตุผล α และ β เป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงโหนดอย่างมีเหตุผล α และ β เป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงน้ำหนัก (Weight) ให้กับพารามิเตอร์ปริมาณฟีโรโมน (Pheromone: τ) และค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผล (Heuristic information: η) และ N_i^k คือ จำนวนเมืองหรือโหนดทั้งหมดที่อยู่รอบๆเมืองหรือโหนด i และมด k สามารถที่จะเลือกเดินไปได้ ซึ่งโดยปกติ การเลือกเมืองหรือโหนดถัดไปจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณฟีโรโมน (α) และค่าถ่วงน้ำหนักของการสุ่มอย่างมีเหตุผล (β) ถ้า $\alpha = 0$ เมืองถัดไปหรือโหนดถัดไปมีความเป็นไปได้ที่มีโอกาสเลือกมากกว่าเมืองหรือโหนดอื่นๆ แต่ถ้า $\alpha > 1$ จะได้ผลเฉลยที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดและในขณะที่ $\beta = 0$ ซึ่งจะหมายความว่ามดจะใช้เพียงค่าฟีโรโมน (τ_{ij}) เท่านั้น มาใช้ในการเลือกเมืองหรือโหนดถัดไป และเมื่อได้ค่าความน่าจะเป็นจากสมการที่ 1 จะนำค่าที่ได้ไปใช้ในการกำหนดเส้นทางไปยังเมืองหรือโหนดถัดไป โดยมีกฎการเลือก คือกฎการคัดสรรโดยใช้วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel selection rule) ขั้นตอนการทำงานของวงล้อเสี่ยงทายที่ประยุกต์ใช้กับระบบมดนั้นเริ่มจากการใช้ กฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็นหรือสมการที่ 1 เพื่อหาค่าความเป็นไปได้ของทุกเส้นทาง ที่มด k จะเลือกเส้นทางจากเมือง i ไปยังเมือง j หลังจากนั้นก็นำค่าความเป็นไปได้ทั้งหมดของเส้นทางมาหาค่าขนาดความกว้างของวงล้อเสี่ยงทาย โดยจะกำหนดให้จำนวนของวงล้อเสี่ยงทายมีจำนวนเท่ากับจำนวนความเป็นไปได้ของเส้นทางที่มีโอกาสจะถูกมดเลือก

- การเพิ่มร่องรอยของฟีโรโมน

เมื่อมดทุกตัวได้เดินทางครบทุกเมืองหรือโหนดแล้วก็จะสามารถที่จะหาค่าระยะทางทั้งหมดของมดแต่ละตัวได้แล้ว ซึ่งในระบบมด นั้นจะกำหนดให้มดแต่ละตัวมีการเพิ่มปริมาณ ฟีโรโมน (*Update pheromone*) บนเส้นทางของมดทุกตัวหลังจากที่ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ มา พร้อมกับมีการระเหยของฟีโรโมนในทุกๆเส้นทางด้วย ซึ่งสมการการระเหยของฟีโรโมน ดังสมการที่ 2

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij}, \forall i,j \in L \quad (2)$$

เมื่ออัตราการระเหยของฟีโรโมน (ρ) มีค่าระหว่าง $0 < \rho < 1$ ซึ่งสมการข้างต้น เพื่อให้เป็นการหลีกเลี่ยงการสะสมของฟีโรโมนบนเส้นทางที่มีมากเกินไป เมื่อมีการระเหยของฟีโรโมนแล้วก็ต้องมีการปรับปรุงปริมาณฟีโรโมน(*Update pheromone*) บนเส้นทางของมดแต่ละตัวที่ได้เดินมา ดังสมการที่ 3

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k, \forall i,j \in L \quad (3)$$

เมื่อ τ_{ij}^k คือ ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k จะเพิ่มให้กับเส้นทางที่ได้เดินผ่านมาแล้ว โดยที่ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k ที่จะเพิ่มให้กับเส้นทาง สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{1}{C^k}, & \text{if } arc(i,j) \text{ belong to } T^k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ C^k เป็นผลเฉลยหรือระยะทางทั้งหมดของมดตัวที่ k ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ ซึ่งคำนวณได้จากระยะทางระหว่างเมืองหรือโหนดไปจนถึงแหล่งอาหารหรือเป้าหมายซึ่งก็คือ T^k หากเมืองหรือโหนดใดที่มดไม่ผ่านให้มีค่าเป็น 0 ตามสมการที่ 4

2.1.4 Dijkstra's algorithm

Dijkstra's algorithm เป็นหลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในเว็บเหล่านี้อยู่ในสาขาที่เรียกว่า Optimization และนักคณิตศาสตร์ก็อาศัยรูปภาพเป็นตัวแทนของปัญหาซึ่งรูปภาพเหล่านี้เรียกว่าเน็ตเวิร์ค (Network) หรือกราฟ (Graph) ซึ่งเน็ตเวิร์คนี้ประกอบไปด้วยเซตของวงกลมที่เรียกว่าโหนด (Node) ซึ่งใช้แสดงอาคารและสถานที่และเชื่อมโยงด้วยเส้นที่เรียกว่าอาร์ค (Arc) ซึ่งใช้แสดงถนนและมีระยะทางเป็นตัวกำหนดในการนำเน็ตเวิร์คไปใช้ส่วนมากจะให้โหนดแทนเมืองสี่แยกป้ายรถเมล์สถานีรถไฟข้อต่อของท่อน้ำหรือทาวเวอร์ของโทรศัพท์ไร้สายสำหรับอาร์คจะนำไปใช้เป็นตัวแทนของสิ่งเชื่อมระหว่างโหนดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นถนนรางรถไฟท่อน้ำสายเคเบิลหรือแม้กระทั่งสิ่งที่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างโหนดหรือการติดต่อเชื่อมโยงระหว่างโหนดในบางครั้งบนอาร์คจะมีตัวเลขที่แสดงถึงระยะทางที่ใช้เดินทางระหว่างโหนดหรือระยะเวลาที่ใช้ระหว่างโหนดหรือค่าใช้จ่ายบนเส้นทางนั้นๆ

2.1.5 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)

วิเคราะห์โครงข่ายจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทเส้น (Line) เท่านั้น โดยข้อมูลประเภทเส้นในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยเส้นสมมุติเช่น เส้นรุ้ง เส้นแวง และเส้นขอบเขตการปกครอง ส่วนอีกประเภทหนึ่งเป็นข้อมูลประเภทเส้นที่ปรากฏอยู่จริง เช่น เส้นถนน เส้นแม่น้ำ และเส้นทางสายไฟฟ้า ในการวิเคราะห์โครงข่ายจะวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลเส้นที่ปรากฏอยู่จริง ส่วนใหญ่การวิเคราะห์โครงข่ายจะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับเส้นทางคมนาคม เช่น การเดินทางจากบ้านไปทำงานต้องใช้เส้นทางใดจึงจะเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด ในบางกรณีการหาระยะทางที่สั้นที่สุดไม่ใช่คำตอบที่ผู้วิเคราะห์ต้องการ แต่สิ่งที่ต้องการก็คือเส้นทางที่ดีที่สุดในการเดินทางจากบ้านไปทำงาน ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ผู้วิเคราะห์ต้องการนำมาพิจารณาไปด้วย เช่น ระยะทางต้องสั้นที่สุด และใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุดและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด ดังนั้นการหาเส้นทางจากบ้านไปยังที่ทำงานโดยใช้เงินในระยะเวลาสั้นที่สุด กับเส้นทางที่ดีที่สุดอาจได้ผลจากการวิเคราะห์แตกต่างกัน

2.1.6 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System :GIS)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาก็จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิด และรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ (อุทัย สุขสิงห์, 2549)

1. องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การแบ่งองค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หน่วยงานหรือตัวบุคคล วิธีการปฏิบัติงาน และข้อมูล (สุเพชร จิรขจรกุล, 2552) อธิบายแยกแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. ฮาร์ดแวร์(Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ ได้แก่

- หน่วยรับข้อมูล (Input Unit) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้เข้าใช้ระบบคอมพิวเตอร์ เช่น แผงแป้นอักขระ (Keyboard), เมาส์(Mouse),ตัวแปลงเป็นดิจิทัล หรือดิจิทัลิเซอร์ (Digitizer),เครื่องมือกราดภาพ,(Scanner),ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System : GPS) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เป็นส่วนในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลจากแผนที่ให้อยู่ในรูปดิจิทัล จัดส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยจัดเก็บข้อมูล

- หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit : CPU) คือ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดของฮาร์ดแวร์เพราะมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ใช้ป้อนเข้ามาในระบบคอมพิวเตอร์ หรือทำหน้าที่เป็นสมองของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีหน่วยควบคุม

Central Unit หรือ CU ในการจัดลำดับการทำงานของระบบ และหน่วยคำนวณเปรียบเทียบข้อมูล (Arithmetic – Logic หรือ ALU) โดยใช้หลักคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์

- หน่วยแสดงผล (Output Units) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์ที่เกิดจากการประมวลผลออกมา โดยจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นสองรูปแบบดังนี้ รูปแบบเชิงเลข หรือดิจิทัล (Digital) โดยการแสดงผลผ่านจอภาพ และในรูปแบบฉบับพิมพ์ (Hardcopy) โดยแสดงผลผ่านทางเครื่องวาด หรือพลอตเตอร์ (Plotter) เครื่องพิมพ์ (Printer) สำหรับแสดงผลโดยพิมพ์ข้อมูลที่เป็นลายเส้น และข้อความต่างๆ

- หน่วยความจำสำรอง (Secondary Storage Units) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้เพื่อใช้ในการประมวลผลครั้งต่อไป เช่น ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk Drive) มีความจุตั้งแต่ 120 Gigabyte ถึง 10 Gigabyte หรือสูงกว่า, แผ่นดิสเก็ต (Floppy Disk Drive) มีอุปกรณ์บันทึกขนาด 3.5 นิ้ว (1.4 Mb) เป็นต้น

- หน่วยติดต่อสื่อสาร (Communication Units) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง ในการถ่ายโอนข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งมีขนาดใหญ่ ผ่านระบบเครือข่ายจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย เช่น Network Card ,Modem เป็นต้น

2. ซอฟต์แวร์ (Software) คือโปรแกรม หรือชุดคำสั่งที่สั่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ผู้ต้องการ เช่น MS-Windows, Excel เป็นต้น ซึ่งซอฟต์แวร์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 5 ประการ ดังนี้

- การป้อนข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล (Data Input and Verification) เป็นการเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ต้นแบบข้อมูลดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล โดยมือเครื่องมือที่ใช้ในการนี้ เช่น เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) , เครื่องกราดภาพ เป็นต้น ซึ่งในขณะนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) จะมีระบบในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อลดความผิดพลาดของการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์

- การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล (Data Storage and Database Management) เป็นการจัดเก็บข้อมูลทางภูมิศาสตร์เกี่ยวกับจุด เส้น หรือ พื้นที่ ให้มีโครงสร้างที่สามารถจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ และผู้ใช้สามารถเรียกใช้ได้ง่าย

- การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis) เป็นการคำนวณ และวิเคราะห์ผลข้อมูลหลายรูปแบบ และจะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่าการแปลงข้อมูล เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูลนั้นๆ

- การรายงานผลข้อมูล (Data Output and Presentation) เป็นวิธีการแสดงผลของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยผลที่จะได้อยู่ในรูปของแผนที่ ตารางกราฟ ฯลฯ และจะพิมพ์รายงานผลโดยแสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์, เครื่องพิมพ์ หรืออาจจะเชื่อมโยงกับโปรแกรมอื่นๆในการรายงานผลได้อย่างสมบูรณ์

- ความสัมพันธ์กับผู้ใช้ (Interaction with the User) ซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ดีนั้น จะต้องสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี โดยมีการสร้างรายการชุดคำสั่ง (Menu) ต่างๆ ที่ไม่ยุ่งยาก เข้าใจได้ง่าย และมีขั้นตอนที่ต่อเนื่องสมบูรณ์

2) บุคลากร (People) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการในองค์ประกอบทั้งหมด ทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ออกมา

3) วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure) ในการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะต้องเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในส่วนของการนำเข้า (Input) การประมวลผล (Process) และการแสดงผล (Output)

4) ข้อมูล (Data) ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลสองรูปแบบหลัก คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ซึ่งข้อมูลทั้งสองรูปแบบนี้ทำงานสัมพันธ์กันในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งก็จะทำให้การดำเนินการวิเคราะห์ในระบบไม่สมบูรณ์ หรือไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในทางภูมิศาสตร์แบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ

1.) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced data) ทางภาคพื้นดิน ซึ่งแตกต่างกับระบบสารสนเทศเพื่อจัดการ (Management Information System : MIS) เป็นระบบงานคอมพิวเตอร์ซึ่งผสมผสานกับการทำงานด้วยมือเพื่อจัดการข่าวสารข้อมูลหรือสารสนเทศสำหรับผู้บริหารในการตัดสินใจ จะเห็นว่าระบบ MIS นั้นไม่จำเป็นต้องอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ คือ

- จุด (Point) ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน จุดตัดของถนน จุดตัดของแม่น้ำ เป็นต้น
- เส้น (Line) ได้แก่ ถนน ลำคลอง แม่น้ำ เป็นต้น
- พื้นที่ (Polygon) ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ป่า ขอบเขตตำบล ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด เป็นต้น

ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Characteristics) แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- แบบจำลองข้อมูลแรสเตอร์ (Raster Representation) คือ จุดของเซลล์ ที่อยู่ในแต่ละช่องสี่เหลี่ยม (Grid) โครงสร้างของ แรสเตอร์ ประกอบด้วยชุดของช่องกริด (Grid cell) บางครั้งเรียกว่า จุดภาพ (Pixel) หรือองค์ประกอบของภาพ (Picture element cell) ข้อมูลแบบแรสเตอร์ เป็นข้อมูลที่อยู่บนพิกัดรูปตารางแถวอน และแถวตั้ง แต่ละช่องกริด อ้างอิงโดยแถว และสคัมภ์ภายในช่องกริดจะมีตัวเลข ซึ่งเป็นตัวแทนค่าในช่องนั้น ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลแรสเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องกริด ถ้าขนาดของช่องกริดมีขนาดใหญ่ รายละเอียดของข้อมูลที่แสดงจะหยาบ และถ้าขนาดของช่องกริดมีขนาดเล็ก รายละเอียดของข้อมูลที่แสดงจะมีความละเอียดของข้อมูลมากขึ้น ตัวอย่างของข้อมูลแรสเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

- แบบจำลองข้อมูลเวกเตอร์ (Vector data model) ตัวแทนของเวกเตอร์นี้อาจแสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัดซึ่งข้อมูลประกอบด้วยจุดทางแนวราบ (X,Y) และ/หรือ แนวตั้ง (Z) หรือ ระบบพิกัดคาร์เตเซียน (Cartesian Coordinate System) ถ้าข้อมูลมีการเก็บค่าเป็นเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 4 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้าย จะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน ข้อมูลเวกเตอร์ ได้แก่ ถนน แม่น้ำ ลำคลอง ขอบเขตการปกครอง ภาพตัวอย่างของข้อมูลแบบเวกเตอร์

2.) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่างๆ ในพื้นที่นั้นๆ (Attributes) ได้แก่ ข้อมูลการถือครองที่ดิน ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดินและข้อมูลเกี่ยวกับสถานะเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น ซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปแบบตารางข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

3. ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet GIS)

ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet GIS) เป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบบใหม่ที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งการทำงานจะอาศัยระบบอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก โดยมีรูปแบบสถาปัตยกรรมแบบ 3-teir กล่าวคือผู้ใช้จะทำงานอยู่ที่คอมพิวเตอร์บนฝั่งลูกค้า (Client) ซึ่งจำทำให้การส่งคำสั่งไปยัง Application ที่อยู่บนฝั่งแม่ข่าย (Server) ผ่าน http protocol แม่ข่ายจะทำการประมวลผลคำสั่ง และส่งผลลัพธ์กลับมายังลูกค้าการทำงานจะอาศัยทรัพยากรของเครื่องแม่ข่ายเป็นหลัก โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกค้าที่ทำงานในระบบอาจจะไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะที่สูงมากนักก็สามารถทำงานได้ แต่เนื่องจากการทำงานจะต้องพึ่งหาระบบอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูล และคำสั่งระหว่างลูกค้ากับแม่ข่าย ดังนั้นระบบอินเทอร์เน็ตจึงจำเป็นต้องมีประสิทธิภาพที่ดีจึงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การแบ่งประเภทของ Internet GIS ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ระบบแบบ Web Application และแบบ Broadband GIS โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.) Web Application เป็นระบบ Internet GIS มีซอฟต์แวร์หรือส่วนติดต่อ(Interface) ทำงานอยู่บนเว็บเบราว์เซอร์(Web Browser) ผู้ใช้ฝั่งลูกข่าย(Client)ไม่จำเป็นต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เพียงแค่มีโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์มาตรฐาน เช่น Internet explorer, Mozilla, Netscape ก็สามารถทำงานได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทุก Platform และยังลดค่าใช้จ่ายเรื่องค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์

2.) Broadband GIS เป็นระบบ Internet GIS ที่มีการทำงานทั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ฝั่งลูกข่าย(Client) และเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย(Server) โดยผู้ใช้งานต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์เฉพาะที่เครื่องลูกข่ายเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับคำสั่งในการทำงาน ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะถูกจัดเก็บบนฝั่งแม่ข่าย ผู้ใช้จะส่งคำสั่งผ่านอินเทอร์เน็ต แม่ข่ายทำการประมวลผลคำสั่งเหล่านั้น และสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ให้อยู่ในรูปบิตแมป (Bitmap) แล้วส่งกลับมายังลูกข่าย ซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจะทำหน้าที่ในการจัดการเรื่อง การแสดงผลโดยเฉพาะการแสดงผลสามมิติ ตัวอย่างของ Broadband GIS ได้แก่ Google Earth เป็นต้น

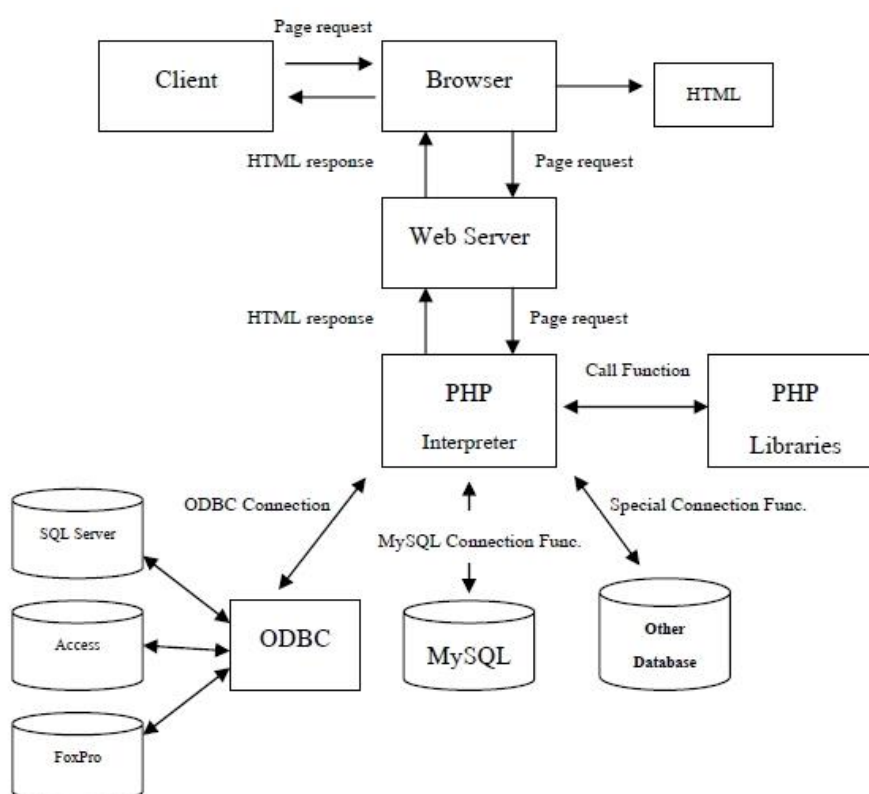
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

2.2.1 ภาษาพีเอชพี

ภาษาพีเอชพีเป็นชื่อย่อของโปรแกรมภาษาชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า “Professional Home Pages” (ทรงชัยแซ่เต็น.สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.sunzandesign.blogspot.com/2013/01/php.html>) ปัจจุบันภาษานี้ถูกพัฒนาต่อมาเป็นภาษาชนิดใหม่ซึ่งมีชื่อว่า “Personal Hypertext Processor : PHP” ภาษาชนิดใหม่นี้เป็นที่นิยมในการนำมาใช้เขียนสคริปต์ (ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรม ซึ่งมีความยาวไม่มากนักและสามารถทำงานได้ดีกับเว็บไซต์เป็นอย่างมาก) PHP เป็นภาษาสคริปต์ที่เป็น Server Side Script และเป็น Open Source ที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถ Download Source Code ได้ฟรี จุดประสงค์ที่สำคัญของภาษา PHP คือการช่วยให้นักพัฒนาเว็บเพจสามารถเขียนเว็บเพจที่เป็นแบบไดนามิกได้อย่างรวดเร็ว ภาษา PHP จะทำงานร่วมกันกับเอกสาร HTML โดยการสร้างโค้ดแทรกระหว่าง Tag HTML และสร้างเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .php .php3 หรือ php4 ไวยากรณ์ที่ใช้ใน PHP เป็นการนำรูปแบบของภาษาต่าง ๆ มารวมกัน ได้แก่ C Perl และ Java ทำให้ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานของภาษาเหล่านี้สามารถใช้งาน PHP ได้ไม่ยาก เนื่องจาก PHP จะทำงานโดยมีตัวแปลและเอ็กคิวต์ที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ อาจจะเรียกการทำงานว่าเป็นเซิร์ฟเวอร์ไซด์ (Server Side) ส่วนการทำงานของเบราว์เซอร์ของผู้ใช้เรียกว่าไคลเอนต์ไซด์ (Client Side) โดยการทำงานจะเริ่มตัวที่ผู้ใช้ส่งความต้องการผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทาง (HTTP Request) ซึ่งอาจเป็นการกรอกแบบฟอร์ม หรือใส่ข้อมูลที่ต้องการ หรือแสดง โดยเรียกเอกสาร PHP (เอกสารนี้จะมีส่วนขยายเป็น php) เช่น test.php เมื่อเอกสาร PHP เข้ามาถึงเว็บเซิร์ฟเวอร์ก็จะถูกส่งต่อไปให้ PHP Interpreter เพื่อทำหน้าที่แปลคำสั่งแล้วเอ็กคิวต์คำสั่งตามบรรทัดที่ระบุบนคำสั่งนั้น จากนั้น PHP จะสร้างผลลัพธ์ในรูปแบบเอกสาร HTML

ส่งกลับไปให้เว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อส่งต่อไปให้เบราว์เซอร์แสดงผลทางฝั่งผู้ใช้ต่อไป (HTTP Response) ดังภาพที่ 2-2 ตามกระบวนการดังนี้

1. จากไคลเอนต์ จะเรียกไฟล์ PHP Script ผ่านทางโปรแกรมเบราว์เซอร์ (Internet Explore)
2. เบราว์เซอร์จะส่งคำร้อง (Request) ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
3. เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์รับคำร้องขอจากเบราว์เซอร์แล้ว ก็จะนำสคริปต์ php ที่เก็บอยู่ในเซิร์ฟเวอร์ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแปลภาษา PHP ที่เป็น อินเตอร์พรีเตอร์ (Interpreter)
4. กรณีที่ PHP Script มีการเรียกใช้ข้อมูลก็จะติดต่อกับฐานข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทาง ODBC Connection ถ้าเป็น ฐานข้อมูลกลุ่ม Microsoft SQL Server, Microsoft Access, FoxPro หรือใช้ Function Connection ที่มีอยู่ใน PHP Library ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูล เพื่อดึงข้อมูลออกมา หลังจากแปลสคริปต์ PHP เสร็จแล้วจะได้รับไฟล์ HTML ใหม่ที่มีแค่แท็ก HTML ไปยัง Web Service
5. Web Service ส่งไฟล์ HTML ที่ได้ผ่านการแปลแล้วกลับไปยังเบราว์เซอร์ที่ร้องขอผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
6. เบราว์เซอร์รับไฟล์ HTML ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้ แปล HTML แสดงผลออกมาทางจอภาพเป็นเว็บเพจ โดยใช้ตัวแปลภาษา HTML ที่อยู่ในเบราว์เซอร์ ซึ่งเป็นอินเตอร์พรีเตอร์เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 2-2 กระบวนการทำงานของภาษา PHP

(ที่มา :ทรงชัยแซ่เด็น.สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2556,

จาก <http://www.sunzandesign.blogspot.com/2013/01/php.html>)

2.2.2 ฐานข้อมูล MySQL

MySQL คือ โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล(นเรศคำเชื้อ.สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2556, จาก <http://gdi.nic.go.th/paper.html>)ที่พัฒนาโดยบริษัท MySQL AB มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่ง SQL เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับ ความต้องการของผู้ใช้ เช่นทำงานร่วมกับเครื่องบริการเว็บ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) เช่น ภาษา PHP ภาษา ASP.NET หรือภาษาเจเอสพี เป็นต้น หรือทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) เช่น Visual Basic Java หรือ C# เป็นต้น โปรแกรมถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย และเป็นระบบฐานข้อมูลโอเพนซอร์ส (Open Source) ที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด

● ความสามารถและการทำงานของโปรแกรม MySQL มีดังต่อไปนี้

1. MySQL ถือเป็นระบบจัดการฐานข้อมูล (Data Base Management System : DBMS) ฐานข้อมูลมีลักษณะเป็นโครงสร้างของการเก็บรวบรวมข้อมูล การที่จะเพิ่มเติม เข้าถึงหรือประมวลผลข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลจำเป็นต้องอาศัยระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งสำหรับการใช้งานเฉพาะ และรองรับการทำงานของแอปพลิเคชันอื่น ๆ ที่ต้องการใช้งานข้อมูลในฐานข้อมูล เพื่อให้ได้รับความสะดวกในการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก MySQL ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวฐานข้อมูลและระบบจัดการฐานข้อมูล

2. MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ Relational ฐานข้อมูลแบบ Relational จะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบของตารางแทนการเก็บข้อมูลทั้งหมดลงในไฟล์ เพียงไฟล์เดียว ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและมีความยืดหยุ่น นอกจากนั้น แต่ละตารางที่เก็บข้อมูลสามารถเชื่อมโยงเข้าหากันทำให้สามารถรวมหรือจัดกลุ่มข้อมูลได้ตามต้องการ โดยอาศัยภาษา SQL ที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม MySQL ซึ่งเป็นภาษามาตรฐานในการเข้าถึงฐานข้อมูล

3. MySQL แจกจ่ายให้ใช้งานแบบ Open Source ผู้ใช้งาน MySQL ทุกคนสามารถใช้งานและปรับแต่งการทำงานได้ตามต้องการสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม MySQL ได้จากอินเทอร์เน็ตและนำมาใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ

2.2.3 Google Map API

คำว่า API มาจากคำว่า Application Programing Interface (Google Map API. Retrieved 13 July 2015, from <http://maps.mile.com/mapboard/google-maps-api/google-map-api>)หมายถึง การเขียนโปรแกรมโดยมีการเรียกใช้ Library เช่น งาน Routines , Data Structures , Object Class และตัวแปล ดังนั้น Google Map API ก็หมายถึงการเรียกใช้ข้อมูล Library จาก Google ซึ่งเหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรม

จากภาษา JavaScript และ แนวคิดการเขียนโปรแกรมแบบ OOP ซึ่งตัวอย่างการเขียนโดยการเรียกใช้ Google Map API มีหลายรูปแบบ ถ้าต้องการใช้ Google Map API มาเพื่อที่จะพัฒนาเว็บไซต์ ต้องมี Account Email ของ Google และทำการสมัครเปิดใช้งาน API โดยที่บริการ API ของ Google มีดังนี้

1. Google Maps JavaScript API v3 – เขียนโปรแกรมแผนที่ให้บริการผ่านเว็บไซต์
2. Google Maps SDK for iOS - เขียนโปรแกรมแผนที่บนระบบปฏิบัติการ iOS Apple
3. Google Maps Android API v2 - เขียนโปรแกรมแผนที่บนระบบปฏิบัติการ Android
4. Google Maps Image APIs – เขียนโปรแกรมแผนที่ให้บริการผ่านเว็บไซต์แบบรูปภาพ
5. Google Places API – เขียนโปรแกรมแผนที่ค้นหาสถานที่ผ่าน Smart Phone

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติเดช วงศ์ศักดิ์ และ เกียรติศักดิ์ โยชนะนัง (2553 : 161 - 166) ได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดและเส้นทางรองโดยใช้ขั้นตอนวิธีระบบมด เพื่อนำวิธีระบบมด (Ant Colony Algorithm) มาปรับปรุงและประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนา“ระบบค้นหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดและเส้นทางรอง” ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางในการเดินทาง ระบบทำการรับข้อมูลต้นทางและปลายทางจากนั้นระบบทำการค้นหาจะแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุด 3 เส้นทางลงบนแผนที่ พร้อมทั้งแสดงเส้นทางนั้นลงบนแผนที่ และระยะทางเฉลี่ยจากต้นทางไปยังปลายทางและจะแบ่งเส้นทางออกเป็นสีต่าง ๆ คือ เส้นทางที่สั้นที่สุดจะเป็นสีเขียว เส้นทางที่สั้นเป็นอันดับสองจะเป็นสีน้ำเงินและเส้นทางที่สั้นเป็นอันดับสามจะเป็นสีแดง เพื่อเป็นส่วนในการให้ผู้ใช้งานพิจารณาเลือกเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทาง

ราชการ ปรีกษาคี และ สุนันทา สดสี (2551 : 572 - 577) ได้วิจัยเปรียบเทียบหาเส้นทางที่เหมาะสมโดยวิธีระบบมดและ Dijkstra's Algorithm เพื่อนำวิธีระบบมด (Ant System Algorithm) มาเปรียบเทียบกับ Dijkstra's Algorithm ว่าวิธีระบบทำงานใดมีความเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในสภาพปัจจุบันได้ ถูกนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่ เหมาะสมในสภาพปัจจุบัน ถึงแม้ว่าเส้นทางนั้นจะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดก็ตามแต่ไม่ได้หมายความว่า จะเป็นเส้นทางที่ดีได้เสมอไป ซึ่งการเปรียบเทียบได้จำลองสถานการณ์ของเส้นทางเป็นในรูปแบบ ของกราฟแบบไม่มีทิศทาง (Undirected Graph) ซึ่งจุดเชื่อม (Arcs) โหนดจะมีน้ำหนัก (Weighted Graph) ด้วย ซึ่งและมีค่าเป็นบวกเสมอ โดยจำลองสถานการณ์กราฟจำนวน 20 แบบ โดยแต่ละแบบ ถูกจำลองมาจากสภาพถนนและลักษณะกราฟต่าง ๆ โดยโหนดจะหมายถึงสถานที่สำคัญหรือทางแยก ซึ่งการเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพโดยดูจากการหาผลเฉลี่ยของคำตอบระหว่างวิธีระบบ มดกับ Dijkstra's Algorithm โดยดูจากการทดลองจากกราฟจำนวน 20 แบบ ว่าวิธีแต่ละวิธีให้ผล เฉลยการค้นหาเส้นทางแบบใดบ้าง จากการทดลองสรุปได้ว่า Dijkstra's Algorithm ให้ผลเฉลยการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวซึ่งเส้นทางที่ค้นหาได้เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดเท่านั้น ส่วนวิธีระบบมดมีการค้นหาให้ผลเฉลยการค้นหาเส้นทางที่หลากหลายซึ่งให้ผลเฉลยได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุดและได้ผลเฉลยที่เป็นเส้นทางรองด้วย

ฐิตินนท์ ศรีสุวรรณดี และ ระพีพันธ์ ปีตาอะโฮ (2555 : 706 - 714) ได้ออกแบบอัลกอริทึม โดยประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมดเพื่อค้นหาเส้นทางในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่มของบริษัท มีรถบรรทุกสำหรับขนส่งน้ำจำนวน 1 คัน รถบรรทุกสามารถบรรทุกน้ำดื่มได้ 50 ถัง/คัน ถนนที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็น 2 ช่องทางจราจร ดังนั้นระยะทางไป - กลับ จะไม่เท่ากัน ซึ่งพบว่าระยะทางที่ค้นหาด้วยอาณานิคมมดต่ำกว่าเส้นทางปัจจุบันที่เจ้าของกิจการดำเนินการด้วยตัวเอง ซึ่งจากผลเฉลยของระยะทางต่ำที่สุดสามารถลดระยะทางจากเดิม 584.25 กิโลเมตร เป็น 441.35 กิโลเมตร

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 การศึกษาข้อมูล

การศึกษาข้อมูล คือการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนวิธีในการทำงาน โดยหลักการวิธีระบบและวิธีการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมแบบอื่นๆ และศึกษาข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ การประยุกต์ใช้งานฐานข้อมูลและ Google Map API

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในระบบสำหรับการค้นหาเส้นทางนั้น ประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเภทคือ ข้อมูลเหตุการณ์ความไม่สงบหรือความรุนแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทาง และข้อมูลเส้นทางและสถานที่ที่สำคัญใน 3 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลเหตุการณ์ความไม่สงบหรือความรุนแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางเช่น การวางเพลิง การวางระเบิด การยิง เป็นต้น โดยมีแหล่งข้อมูลมาจากรฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้ ข้อมูลมีการอธิบายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งระบุสถานที่ วันที่ เวลาและสถานที่เกิดเหตุ ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แหล่งข้อมูลเหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

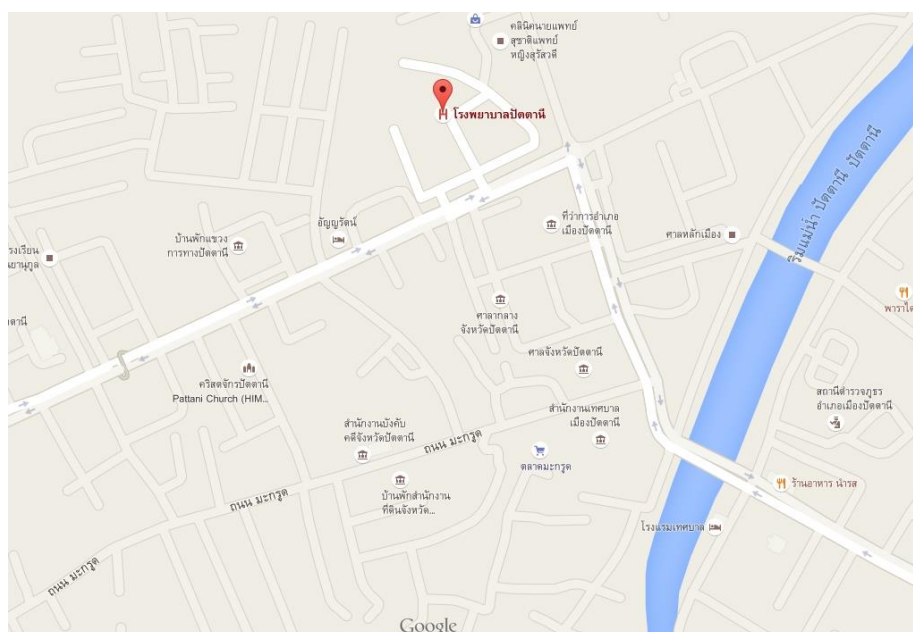
(ที่มา :สุทธิตาจริยานุวัฒน์. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2557,จาก<http://wbns.oas.psu.ac.th/>)

ชื่อเรื่อง	จบท.ปัตตานีล้อมพื้นที่กลางศึก คนร้ายถูกริสาฆ่าโยมมอบตัว2
ผู้เขียน	-
แหล่งข่าวหลัก	แนวหน้า
คอลัมน์ข่าว	อาชญากรรม
URL	http://www.naewna.com/local/156296
เนื้อหา	2 พ.ค.58 ผู้สื่อข่าวรายงานว่า ได้เกิดเหตุเจ้าหน้าที่ทหารปะทะกับกลุ่มคนร้ายในระหว่างทำการปิดล้อมพื้นที่เป้าหมาย ม.1 บ้านลุโหว ปาเนน ต.บานา อ.เมือง จ.ปัตตานี เมืองต้น ถูกเจ้าหน้าที่ทหารริสาฆ่า 1 ราย และจับเป็นได้ 2 ราย โดยเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นตั้งแต่กลางดึกเมื่อคืน โดยเช้านี้ เจ้าหน้าที่ยังคงมีการปิดล้อมพื้นที่และได้มีการเชิญผู้นำในพื้นที่มาเจรจากับกลุ่มคนร้ายที่ยังหลบซ่อนอยู่ภายในศูนย์เด็กกำพร้าบ้านลุโหวปาเนน ซึ่งมีอีก 3 คน เพื่อให้มอบตัวต่อเจ้าหน้าที่โดยดี โดยก่อนเกิดเหตุทางเจ้าของศูนย์เด็กกำพร้าได้มีการระดมกำลังชาวบ้านเพื่อไม่ให้มาช่วยกันก่อสร้างอาคารโรงอาหารเพื่อให้เสร็จก่อนที่จะเปิดเทอมนี้ โดยไม่ทราบวากลุ่มคนร้ายมาช่วยบางคนเป็นบุคคลที่ทางเจ้าหน้าที่ได้มีการติดตามตัว ซึ่งฝ่าย จบท. ได้มีการสืบทราบว่ากลุ่มบุคคลดังกล่าวได้มาช่วยก่อสร้างอาคารโรงอาหารในพื้นที่เกิดเหตุ จนถูกเจ้าหน้าที่ปิดล้อมให้มอบตัว แต่ปรากฏว่า 1 ในคนร้ายที่ถูกริสาฆ่าได้ใช้อาวุธปืนยิงสวนเจ้าหน้าที่ในระหว่างหลบหนีจึงข้ามรั้วเป็นเหตุให้ถูกริสาฆ่าเสียชีวิต ซึ่งศพยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นใคร
ภาพประกอบ [1]	
วันที่เผยแพร่	2 พ.ค. 2558
วันที่บันทึกข้อมูล	3 พ.ค. 2558

ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างแหล่งข้อมูลเหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นในจังหวัดปัตตานี

(ที่มา :สุทธิตาจริยานุวัฒน์. สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2558,จาก <http://wbns.oas.psu.ac.th/>)

- ข้อมูลเส้นทางและสถานที่ที่สำคัญในจังหวัดปัตตานี จากแผนที่ Google Map ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางและสถานที่ที่สำคัญในจังหวัดปัตตานี

(ที่มา :Google Map. Retrieved 5 August 2013, from <https://www.google.co.th/maps>)

ข้อมูลเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นข้อมูลสถานที่สำคัญ และบริเวณทางแยกต่างๆ ใน 3 จังหวัดภาคใต้เช่น โรงพยาบาล มัสยิด สถานที่ราชการต่างๆ ถูกนำมาสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์โดยการเพิ่มข้อมูลผ่านระบบเพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูล

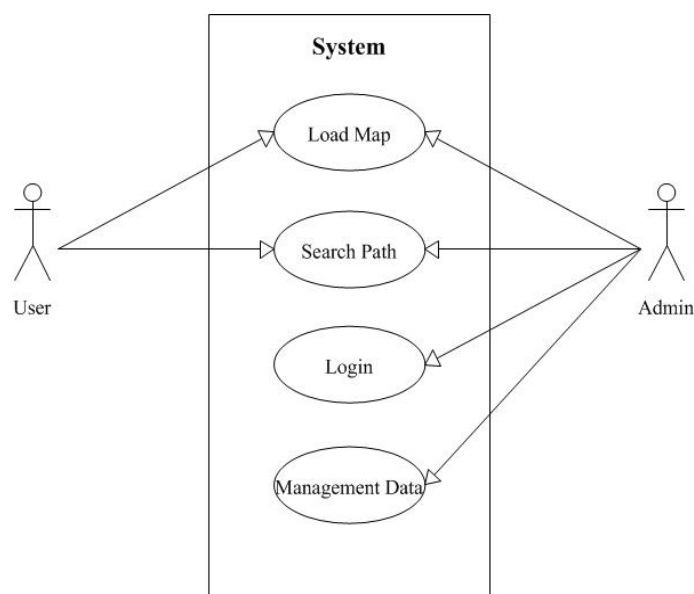
การจัดเก็บข้อมูลเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นและข้อมูลเส้นทางสถานที่ที่สำคัญต่างๆ โดยใช้ฐานข้อมูล MySQL เนื่องจากฐานข้อมูล MySQL มีความยืดหยุ่นและสามารถรองรับการจัดเก็บข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์

3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การรวบรวมรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับความต้องการ(Requirements) เพื่อจุดประสงค์ในการหาข้อสรุปที่ชัดเจนในด้านความต้องการระหว่างผู้พัฒนากับผู้ใช้งานและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ บุคคลที่เกี่ยวข้องกับระบบ ข้อมูลที่เข้ามาภายในระบบ สามารถอธิบายรายละเอียดข้างต้นโดยรูปในรูปแบบของแผนภาพยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language : UML) ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมดได้ โดยใช้โปรแกรมวิซิโอ (Microsoft Office Visio 2010) เป็นเครื่องมือในการสร้างไดอะแกรมการวิเคราะห์ระบบอธิบายได้เป็น 2 ส่วนคือแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) และ แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) และพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) เพื่อแสดงถึงชื่อระเบียบชนิดของข้อมูลความยาวของข้อมูลและคำอธิบายรายละเอียดของข้อมูล

3.2.1 Use Case Diagram

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประกอบด้วย ผู้ใช้งานระบบ (User) และผู้ดูแลระบบ (Admin) ซึ่งอธิบายการใช้งานระหว่างผู้ใช้ (ผู้ใช้งานระบบและผู้ดูแลระบบ) กับระบบด้วยแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ดังภาพที่ 3-4

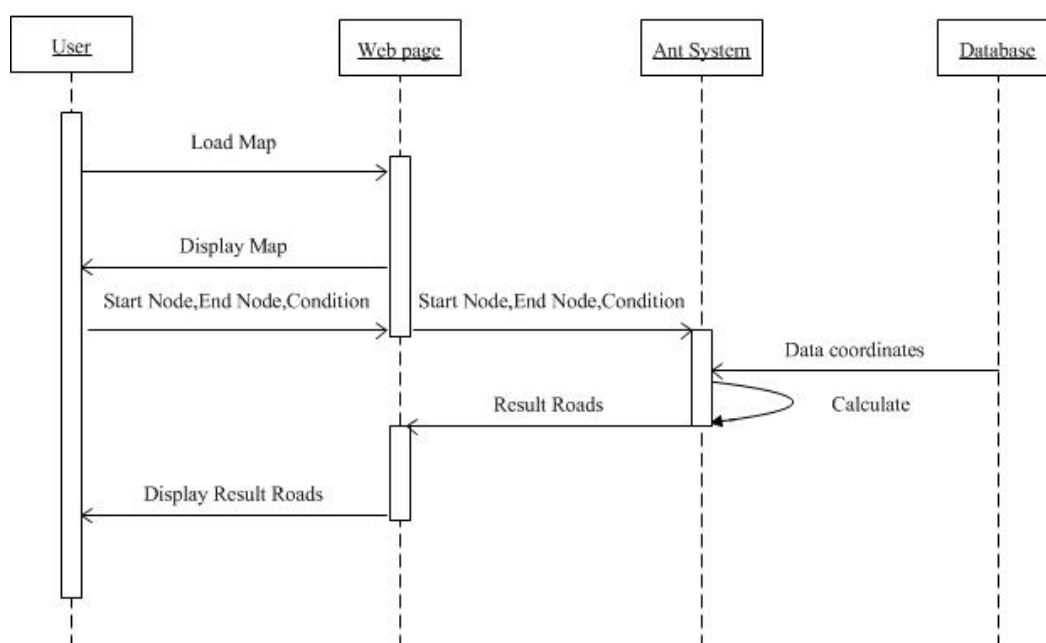


ภาพที่ 3-4 Use Case Diagram ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ผู้ใช้งานระบบ (User) สามารถดูข้อมูลแผนที่และสามารถค้นหาเส้นทางได้และผู้ดูแลระบบ (Admin) ต้องทำการเข้าสู่ระบบ (Login) เพื่อจัดการข้อมูลต่าง ๆ เช่น การเพิ่ม แก้ไขข้อมูล และสามารถดูข้อมูลแผนที่ที่ค้นหาเส้นทางได้

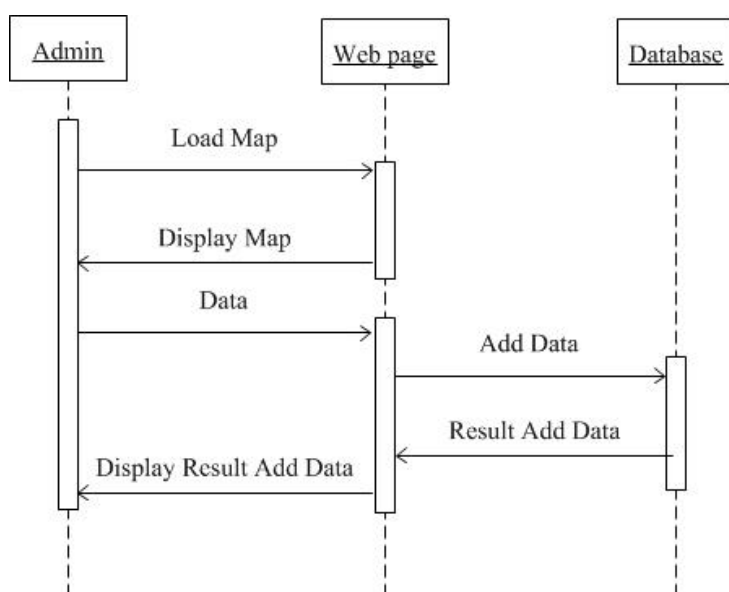
3.2.2 Sequence Diagram ประกอบไปด้วย 5 แผนภาพ

1. การแสดงแผนที่และค้นหาเส้นทาง (Load Map , Search Paths) ผู้ใช้งานระบบสามารถดูแผนที่ผ่านทาง Google Map และสามารถเลือกกำหนดจุดเริ่มต้น จุดปลายทางและระบุเงื่อนไข ซึ่งประกอบด้วย 2 เงื่อนไข คือ สถานที่ที่ผู้ใช้งานไม่ต้องการผ่านและความสำคัญในการค้นหาเส้นทาง โดยความสำคัญในการค้นหาเส้นทาง แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ระยะทางที่สั้นที่สุด และ ความปลอดภัยโดยระบบจะทำการคำนวณเส้นทางพร้อมทั้งแสดงเส้นทางลงบนแผนที่เพื่อให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกเส้นทางดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 Sequence Diagram ของระบบแสดงแผนที่และค้นหาเส้นทาง

2. การเพิ่มข้อมูลสถานที่ (Management Data) เมื่อผู้ดูแลระบบทำการเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้ดูแลระบบสามารถทำการเพิ่มข้อมูลสถานที่ต่างๆได้ ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 Sequence Diagram การเพิ่มข้อมูลสถานที่

โครงสร้างฐานข้อมูลของระบบ จากการออกแบบฐานข้อมูล โดยประกอบด้วยตารางทั้งหมดจำนวน 5 ตาราง (Table) ประกอบด้วย ตารางถนน, ตารางสถานที่, ตารางประเภทของสถานที่, ตารางเส้นทางและตารางจุดเกิดเหตุความรุนแรง โดยในแต่ละตารางได้มีการอธิบายถึงชื่อข้อมูล (Field Name), ความหมายของข้อมูล (Description), ชนิดข้อมูล (Data Type) และความยาวถนนระหว่างโหนด (Length) ระบบได้เลือกชนิดข้อมูลที่เหมาะสมกับข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูล ซึ่งได้อธิบายความหมายชนิดข้อมูล ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลของสถานที่ (Node)

NO	Field Name	Description	Type	Length	Key
1	Id	รหัสสถานที่	Int	10	PK
2	Location	ชื่อสถานที่	Text		
3	Lat	ตำแหน่งละติจูด	Double		
4	Lag	ตำแหน่งลองจิจูด	Double		
5	Type	ประเภท	Int	1	FK

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างข้อมูลในตารางสถานที่ (Node)

Id	Location	Lat	Lag	Type
116	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	6.86659900781379	101.250659823418	0
111	สามแยก	6.86650314088098	101.244045495987	1
110	สี่แยก	6.86561903381252	101.244560480118	1
112	สามแยกหน้าวิทยาลัยอาชีวศึกษา ปัตตานี	6.86643922958172	101.243680715561	1
113	วิทยาลัยอาชีวศึกษาปัตตานี	6.86729137953266	101.243305206299	0

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลของประเภทสถานที่ (Type)

NO	Field Name	Description	Type	Length	Key
1	Id	รหัสประเภท	Int	5	PK
2	Typename	ชื่อประเภท	Varchar	50	

ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างข้อมูลในตารางประเภทสถานที่ (Type)

Id	Typename
0	สถานที่ที่สำคัญ
1	ทางแยก
2	เหตุการณ์ความไม่สงบ

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลถนน (Edge)

NO	Field Name	Description	Type	Length	Key
1	Startnode	รหัสจุดเริ่มต้น	Int	10	PK
2	Endnode	รหัสจุดปลาย	Int	10	PK
3	Edgename	ชื่อถนน	Varchar	50	PK
4	Length	ความยาวถนนระหว่างโหนด	Float		

ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างข้อมูลในตารางข้อมูลถนน (Edge)

Startnode	Endnode	Edgename	Length
117	118	มะกรูด	0.1
118	121	-	0.26
119	124	-	0.3
125	126	-	0.1
116	148	มะกรูด	0.35

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลจุดเกิดเหตุความรุนแรง (Danger)

NO	Field Name	Description	Type	Length	Key
1	Startnode	รหัสจุดเริ่มต้น	Int	10	PK
2	Endnode	รหัสจุดปลาย	Int	10	PK
3	Violencenode	รหัสพิภัก	Int	10	PK
4	Violencename	ชื่อความรุนแรง	Varchar	50	

ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างข้อมูลในตารางข้อมูลจุดเกิดเหตุความรุนแรง (Danger)

Startnode	Endnode	Violencenode	Violencename
115	105	1	ยิง
105	104	2	ระเบิด
107	116	5	ระเบิด
128	129	6	ระเบิด
134	135	7	ระเบิด

3.3 ขั้นตอนวิธีการระบบมดและการประยุกต์ใช้

3.3.1 ขั้นตอนวิธีการระบบมด (Ant System Algorithm)

1. กระบวนการกำหนดเส้นทางเดินของมด

การสร้างเส้นทางเดินหรือสร้างคำตอบได้ในระบบมด เริ่มแรก,มดจะทำการสุ่มเลือกเมืองหรือโหนดเริ่มต้นขึ้นมา การเลือกโหนดในแต่ละครั้งจะใช้น่าจะเป็น (Probability) (Dorigo and Stutzle. 2004 : 70 - 75) เพื่อเลือกโหนดถัดไปเรียกว่ากฎการสุ่มโดยใช้น่าจะเป็น (Random Proportional Rule) ซึ่งความเป็นไปได้ขณะที่มดอยู่เมืองนั้นโดยพิจารณาจากการหาค่าความเป็นไปได้ขณะที่มดตัวที่ k ณ เมือง i จะเลือกเมืองถัดไปคือ j ดังสมการที่ 1

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in N_i^k} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \text{ ถ้า } j \in N_i^k \quad (1)$$

- α คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณฟีโรโมน
 β คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของการสุ่มอย่างมีเหตุผล
 η คือ ค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผล
 N_i^k คือ จำนวนโหนดทั้งหมดของตำแหน่ง j สำหรับมดตัวที่ k
 k คือ มดตัวที่
 τ คือ ฟีโรโมน
 i คือ ตำแหน่งที่มดขึ้น
 j คือ ตำแหน่งถัดไปที่มดเลือก

เมื่อ $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ เป็นค่าของข้อมูลที่ใช้สุ่มเลือกโหนดอย่างมีเหตุผล α และ β เป็นค่าที่ใช้

สำหรับถ่วงน้ำหนัก (Weight) ให้กับพารามิเตอร์ปริมาณฟีโรโมน (Pheromone : τ) และค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผล (Heuristic Information : η) และ N_i^k คือ จำนวนโหนดทั้งหมดที่อยู่รอบๆ เมืองหรือโหนด i และมดตัวที่ k สามารถที่จะเลือกเดินไปได้ ซึ่งโดยปกติการเลือกโหนดถัดไปจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณฟีโรโมน (α) และค่าถ่วงน้ำหนักของการสุ่มอย่างมีเหตุผล (β) ถ้า $\alpha = 0$ โหนดถัดไปมีความเป็นไปได้ที่มีโอกาสเลือกมากกว่าโหนดอื่นๆ แต่ถ้า $\alpha > 1$ จะได้ผลเฉลยที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดและในขณะที่ $\beta = 0$ ซึ่งจะหมายความว่ามดจะใช้เพียงค่าฟีโรโมน (τ_{ij}) เท่านั้น มาใช้ในการเลือกโหนดถัดไป และเมื่อได้ค่าความน่าจะเป็นจากสมการที่ 1 จะนำค่าที่ได้ไปใช้ในการกำหนดเส้นทางไปยังโหนดถัดไป โดยมีกฎการเลือก คือกฎการคัดสรรโดยใช้วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection Rule) ขั้นตอนการทำงานของวงล้อเสี่ยงทายที่ประยุกต์ใช้กับระบบมดนั้นเริ่มจากการใช้การสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็นหรือสมการที่ 1 เพื่อหาค่าความเป็นไปได้ของทุกเส้นทาง ที่มด k จะเลือกเส้นทางจากโหนด i ไปยังโหนด j หลังจากนั้นก็นำค่าความเป็นไปได้ทั้งหมดของเส้นทางมาหาค่าขนาดความกว้างของวงล้อเสี่ยงทาย โดยกำหนดให้จำนวนของวงล้อเสี่ยงทายมีจำนวนเท่ากับจำนวนความเป็นไปได้ของเส้นทางที่มีโอกาสจะถูกมดเลือก

2. การเพิ่มร่องรอยของฟีโรโมน

เมื่อมดทุกตัวได้เดินทางครบทุกโหนดแล้วก็จะสามารถที่จะหาค่าระยะทางทั้งหมดของมดแต่ละตัวได้แล้ว ซึ่งในระบบมด นั้นจะกำหนดให้มดแต่ละตัวมีการเพิ่มปริมาณฟีโรโมน (Update Pheromone) บนเส้นทางของมดทุกตัวหลังจากที่ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ มาพร้อมกับมีการระเหยของฟีโรโมนในทุกๆ เส้นทางด้วย ซึ่งสมการการระเหยของฟีโรโมน ดังสมการที่ 2

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij}, \forall i,j \in L \quad (2)$$

ρ คือ อัตราการระเหยของฟีโรโมน

L คือ ค่าระยะทางทั้งหมดของมดแต่ละตัว

เมื่ออัตราการระเหยของฟีโรโมน (ρ) มีค่าระหว่าง $0 < \rho < 1$ ดังสมการข้างต้น เพื่อให้เป็นการหลีกเลี่ยงการสะสมของฟีโรโมนบนเส้นทางที่มีมากเกินไป เมื่อมีการระเหยของฟีโรโมนแล้วก็ต้องมีการปรับปรุงปริมาณฟีโรโมน (Update Pheromone) บนเส้นทางของมดแต่ละตัวที่ได้เดินมา ดังสมการที่ 3

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k, \forall i,j \in L \quad (3)$$

เมื่อ τ_{ij}^k คือ ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k จะเพิ่มให้กับเส้นทางที่ได้เดินผ่านมาแล้ว โดยที่ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k ที่จะเพิ่มให้กับเส้นทาง สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{1}{C^k}, & \text{if } \text{arc}(i,j) \text{ belong to } T^k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ C^k เป็นผลเฉลี่ยหรือระยะทางทั้งหมดของมดตัวที่ k ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ ซึ่งคำนวณได้จากระยะทางระหว่างโหนดไปจนถึงแหล่งอาหารหรือเป้าหมายซึ่งก็คือ T^k หากโหนดใดที่มดไม่ผ่านให้มีค่าเป็น 0 ตามสมการที่ 4

เมื่อได้ผลเฉลี่ยทั้งหมดทุกๆ เส้นทางระบบจะทำการกรองผลเฉลี่ยเพื่อจัดเรียงผลเฉลี่ยตามลำดับที่ตรงตามเงื่อนไขของผู้ใช้ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจให้กับผู้ใช้ ซึ่งการกรองผลเฉลี่ยมี 2 วิธีการคือ หาค่าระดับความปลอดภัยและหาเส้นทางที่ผู้ใช้ไม่ต้องการผ่าน

3.3.2 การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมวิธีการระบบมด (Ant System Algorithm)

การกรองผลเฉลี่ย คือ การนำผลเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ค้นหาเส้นทางโดย Ant System Algorithm มาทำการสรุปผลเฉลี่ยอีกครั้งเพื่อหาค่าความปลอดภัยจากการคำนวณจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบและลบผลเฉลี่ยเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่าน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการสรุปผลเฉลี่ยจาก Ant System Algorithm มาทำการเรียงลำดับการแสดงผลเฉลี่ยให้กับผู้ใช้ตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้ทำการระบุมาข้างต้น อธิบายได้ดังนี้

1. การหาจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบบนเส้นทาง

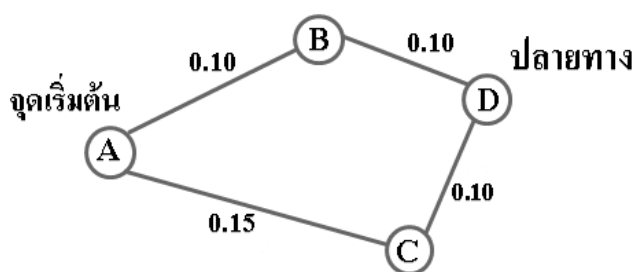
เมื่อได้ผลเฉลี่ยของระยะทางทั้งหมดของทุกๆ เส้นทาง จะทำการคำนวณหาจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ความไม่สงบของแต่ละเส้นทาง โดย C^k จะมีการตรวจสอบระหว่างโหนดจากต้นทางไปยังปลายทางนั้นๆ โดยคำนวณจากประวัติการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทาง จึงได้เป็นผลเฉลี่ยจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบของแต่ละเส้นทาง

2. เส้นทางที่ไม่ต้องการผ่าน

เมื่อได้ C^k เป็นผลเฉลยหรือระยะทางทั้งหมดของมดตัวที่ k ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ จะทำการตัดเส้นทางผลเฉลย C^k ที่มีจุดสำคัญที่ไม่ต้องการผ่าน โดยการตรวจสอบจากผลเฉลยของแต่ละเส้นทางว่าแต่ละเส้นทางนั้นมีข้อมูลเส้นทางที่ไม่ต้องการการผ่านตรงตามเงื่อนไขที่ระบุจะทำการลบผลเฉลยหรือ C^k เส้นทางนั้นออกไปจากผลเฉลยทั้งหมด

3. การแทนค่าสมการ

ตัวอย่างการหาความน่าจะเป็นของเลือกโหนดถัดไปมีดังนี้ โดยกำหนดจำนวนรอบ 1 รอบและมด 1 ตัว โดยกำหนดให้ A คือ โรงพยาบาลปัตตานี, BC เป็นทางแยก และ D คือ ศาลหลักเมือง จากนั้นทำการกำหนดให้มดมีจุดเริ่มต้นจากจุด A โดยมดกำลังตัดสินใจจะเดินทางเส้นทาง ระหว่างโหนด B หรือโหนด C ดังภาพที่ 12 ซึ่งใช้ความน่าจะเป็นจากสมการที่ 1 โดยแสดงตัวอย่างการแทนค่าหาความน่าจะเป็น ดังตารางที่ 3-9



ภาพที่ 3-7 กราฟตัวอย่างการคำนวณวิธีระบบมด

ตารางที่ 3-9 แทนค่าหาความน่าจะเป็น

เส้นทาง	α	β	τ_{ij}	η	ค่าความน่าจะเป็น สำหรับการเลือกเดิน ของมด (สมการที่ 1)	ค่าที่สุ่มได้	เส้นทางที่มดเลือกเดิน
กำหนด A เป็นจุดเริ่มต้น							
A-B	1	5	1	1/0.10	0.88	0.3	A-B
A-C	1	5	1	1/0.15	0.12		
เมื่อมดเดินจาก A-B กำหนดให้ B เป็นจุดเริ่มต้น							
B-C	1	5	1	1/0.10	1	0.5	B-C

ใช้สูตรความน่าจะเป็นจากสมการที่ 1

กำหนดให้

$$\alpha = 1, \beta = 5, \tau_{AB} = 1 \text{ และ } \tau_{AC} = 1$$

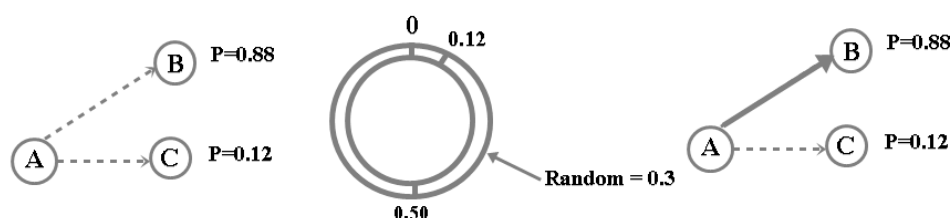
$$\eta_{AB} = 1/0.1 = 10$$

$$\eta_{AC} = 1/0.15 = 6.67$$

$$P_{AB} \frac{[1]^1 * [10]^5}{[1]^1 * [10]^5 + [1]^1 * [6.67]^5} = 0.88$$

$$P_{AC} \frac{[1]^1 * [6.67]^5}{[1]^1 * [10]^5 + [1]^1 * [6.67]^5} = 0.12$$

สามารถอธิบายได้ว่า กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณฟีโรโมน (α) เท่ากับ 1 และ (β) เท่ากับ 5 ปริมาณฟีโรโมนจากโหนด A ไปโหนด B เท่ากับ 1 ปริมาณฟีโรโมนจากโหนด A ไปโหนด C เท่ากับ 1 ค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผลจาก A ไป B เท่ากับ 0.5 ค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผลจากโหนด A ไป โหนด C เท่ากับ 0.33 นำไปหาความน่าจะเป็นตามสมการที่ 1 ซึ่งจะได้ความน่าจะเป็นจากโหนด A ไปยังโหนด B เท่ากับ 0.88 และ ความน่าจะเป็นจากโหนด A ไปยังโหนด C เท่ากับ 0.12 ซึ่งค่าความน่าจะเป็นนี้ใช้สำหรับในการเลือกที่จะเดินไปยังโหนดถัดไปโดยใช้กฎการคัดสรรโดยใช้วงล้อเสี่ยงทาย คือ การสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็นหรือสมการที่ 1 เพื่อหาความน่าจะเป็นไปได้ของทุกเส้นทาง ที่มด k จะเลือกเส้นทางจากโหนด i ไปยังโหนด j จากนั้นนำค่าความน่าจะเป็นไปได้ทั้งหมดของเส้นทางมาหาค่าขนาดความกว้างของวงล้อเสี่ยงทาย โดยจะกำหนดให้จำนวนของวงล้อเสี่ยงทายมีจำนวนเท่ากับจำนวนความเป็นไปได้ของเส้นทางที่มีโอกาสจะถูกมดเลือก ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 การทำงานของวงล้อเสี่ยงทายในขั้นตอนวิธีการระบบมด

ขณะที่มดอยู่ที่โหนด A และมีเส้นทางที่เป็นไปได้ดังนี้คือ A - B , A - C ซึ่งแต่ละเส้นทางก็มีค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากสมการที่ 1 เป็น 0.88 , 0.12 จากนั้นก็จะนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้มาแบ่งลงช่องในวงล้อเสี่ยงทายโดยที่ค่าความน่าจะเป็นที่มีค่ามากจะมีความกว้างของวงล้อเสี่ยงทายที่มากกว่าตามลำดับ จากนั้นให้โปรแกรมสุ่มค่าขึ้นมา 1 ค่า ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 สมมติว่าได้ค่าเป็น 0.3 หมายความว่า วงล้อเสี่ยงทายหมุนไปตกที่ช่องระหว่าง 0.12 - 1 ซึ่งมดจะเลือกเส้นทางที่มีค่าความน่าจะเป็นที่ 0.88 คือมดเลือกเส้นทาง A - B เมื่อมดเดินไปยังโหนด B มดสามารถมีเส้นทางเดินไปได้ดังนี้คือ B - C จากนั้นทำการหาค่าความน่าจะเป็นแบบเดิมอีกครั้ง ในกรณีนี้เนื่องจากเส้นทางที่มดเลือกเดินได้มีเส้นทางเดียว ค่าความน่าจะเป็นมีค่าเดียวมดจึงเลือกเดินไปยังตำแหน่ง C

เมื่อมดทุกตัวได้เดินทางครบทุกโหนดและถึงตำแหน่งปลายทางแล้วสามารถที่จะหาค่าระยะทางทั้งหมดของมดแต่ละตัวได้แล้ว ซึ่งในระบบมด นั้นจะกำหนดให้มดแต่ละตัวมีการเพิ่มปริมาณฟีโรโมนบนเส้นทางของมดทุกๆ ตัวหลังจากที่ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ มาพร้อมกับมีการระเหยของฟีโรโมนในทุกๆ เส้นทางด้วย ซึ่งสมการการระเหยของฟีโรโมน ดังสมการที่ 2

กำหนดให้

$$P = 0.5$$

$$\tau_{AB} = (1 - 0.5) * 1 = 0.5$$

$$\tau_{AC} = (1 - 0.5) * 1 = 0.5$$

เมื่อมีการระเหยของฟีโรโมนแล้วก็ต้องมีการปรับปรุงปริมาณฟีโรโมน บนเส้นทางของมดแต่ละตัวที่ได้เดินมา ดังสมการที่ 3

$$\tau_{AB} = 0.5 + 5 = 5.5$$

$\Delta\tau_{ij}^k$ คือ ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k จะเพิ่มให้กับเส้นทางที่ได้เดินผ่านมาแล้วซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 โดยที่ปริมาณของฟีโรโมนที่มดตัวที่ k ที่จะเพิ่มให้กับเส้นทาง สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$\Delta\tau_{ij}^k = \frac{1}{0.20} = 5$$

เมื่อ C^k เป็นผลเฉลยหรือระยะทางทั้งหมดของมดตัวที่ k ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ ซึ่งคำนวณได้จากระยะทางระหว่างโหนดจากตำแหน่ง A - D ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.20

จากการทำงานครบ 1 รอบของมดสังเกตได้ว่าเส้นทางที่มดเลือกเดินมีปริมาณฟีโรโมนที่สูงกว่าเส้นทางอื่นๆ ซึ่งปริมาณฟีโรโมนเหล่านี้จะเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการหาค่าความน่าจะเป็นให้กับมดในรอบถัดไป ซึ่งค่าปริมาณฟีโรโมนที่มากกว่าเส้นทางอื่น จะส่งผลให้เส้นทางนั้นมีความน่าจะเป็นสูงกว่าเส้นทางอื่นๆ

4. การหาค่าพารามิเตอร์

1.) หาค่า α และ β

จากวิธีการระบบมดพบว่ามีค่าพารามิเตอร์อยู่ 3 ค่าที่ส่งผลต่อการหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละเส้นทางที่มดเลือกเดินคือ α และ β ซึ่งเป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงน้ำหนักให้กับปริมาณฟีโรโมน (τ) ค่า β ควรมีค่า $2 \leq \beta \leq 5$ (Dorigo and Stutzle, 2004 : 70 - 75) และค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผล (η) ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักที่ถูกกำหนดในงานวิจัยนี้ คือ α เท่ากับ 1 และ β เท่ากับ 5 เนื่องจากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยอื่นๆ ที่มีการประยุกต์ใช้ Ant System Algorithm สำหรับการค้นหาเส้นทางมีการกำหนด α เท่ากับ 1 และ β เท่ากับ 5 (กิตติเดชวงศ์ศักดิ์ และ เกียรติศักดิ์ โยชะนัง 2553 : 161 - 166)

(ราชการ ปริญญาตรีและศุนันหา สดสึ 2551 : 572 - 577) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมดังตารางที่ 3-10 และตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-10 การทดสอบหาความน่าจะเป็นเพื่อการกำหนดค่า α ที่เหมาะสม

เส้นทาง	α	β	τ_{ij}	ระยะทาง	η	ค่าความน่าจะเป็นสำหรับการเลือกเดินของมด (สมการที่ 1)
กำหนด $\alpha = 1$ และ $\beta = 5$						
A-B	1	5	1	3	1/3	0.800298124673
A-C	1	5	1	4	1/4	0.199701875327
กำหนด $\alpha = 2$ และ $\beta = 5$						
A-B	2	5	1	3	1/3	0.800298124673
A-C	2	5	1	4	1/4	0.199701875327
กำหนด $\alpha = 3$ และ $\beta = 5$						
A-B	3	5	1	3	1/3	0.800298124673
A-C	3	5	1	4	1/4	0.199701875327

ตัวอย่างการแทนค่าในสมการที่ 1 เมื่อ $\alpha = 1$ และ $\beta = 5$ จาก A-B และ A-C ซึ่งเป็นการหาความน่าจะเป็นเพื่อใช้ในการเลือกเดินของมดจากตำแหน่งเริ่มต้น i ไปยังตำแหน่งถัดไป j

$$P_{AB} = \frac{[1]^1 * [0.33]^5}{[1]^1 * [0.33]^5 + [1]^1 * [0.25]^5} = 0.800298124673$$

$$P_{AC} = \frac{[1]^1 * [0.25]^5}{[1]^1 * [0.33]^5 + [1]^1 * [0.25]^5} = 0.199701875327$$

จากตารางที่ 3-10 เมื่อมีการกำหนดค่า $1 \leq \alpha \leq 3$ ในการทดสอบพบว่าการกำหนดค่า α แต่ละครั้งที่แตกต่างกัน แต่ค่าความน่าจะเป็นที่ได้มีค่าเท่าเดิม จึงสรุปได้ว่าค่า α ไม่ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นในสมการที่ 1 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกกำหนดค่า α เท่ากับ 1 ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3-11 การทดสอบหาความน่าจะเป็น เพื่อการกำหนดค่า β ที่เหมาะสม

เส้นทาง	α	β	τ_{ij}	ระยะทาง	η	ค่าความน่าจะเป็นสำหรับการเลือกเดินของมด (สมการที่ 1)
กำหนด $\alpha = 1$ และ $\beta = 5$						
A-B	1	5	1	3	1/3	0.800298124673
A-C	1	5	1	4	1/4	0.199701875327

กำหนด $\alpha = 1$ และ $\beta = 4$						
A-B	1	4	1	3	1/3	0.752227337483
A-C	1	4	1	4	1/4	0.247772662517
กำหนด $\alpha = 1$ และ $\beta = 3$						
A-B	1	3	1	3	1/3	0.696966758466
A-C	1	3	1	4	1/4	0.303033241534
กำหนด $\alpha = 1$ และ $\beta = 2$						
A-B	1	2	1	3	1/3	0.635355892649
A-C	1	2	1	4	1/4	0.364644107351

จากตารางที่ 3-11 เมื่อมีการกำหนดค่า $2 \leq \beta \leq 5$ ในการทดสอบพบว่าได้ว่าการกำหนดค่า β แต่ละครั้งที่แตกต่างกัน ค่าความน่าจะเป็นที่ได้มีค่าไม่เท่ากันคือ เมื่อมีการปรับค่า β ให้ต่ำลงทำให้ความน่าจะเป็นในเส้นทางที่มีระยะทางที่ยาวกว่ามีค่าความน่าจะเป็นที่เพิ่มมากขึ้นและส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นในเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นกว่ามีค่าความน่าจะเป็นลดลง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า หากมีการกำหนดค่า β เท่ากับ 2 สามารถทำให้มีโอกาเลือกเส้นทางที่มีระยะทางระหว่างโหนดที่ยาวกว่าเพิ่มขึ้นและในทางกลับกันมจะมีโอกาเลือกเส้นทางที่มีระยะทางระหว่างโหนดที่สั้นกว่าน้อยลง และหากมีการกำหนดค่า β เท่ากับ 5 สามารถทำให้มีโอกาเลือกเส้นทางที่มีระยะทางระหว่างโหนดที่ยาวกว่าน้อยลงและในทางกลับกันมจะมีโอกาเลือกเส้นทางที่มีระยะทางระหว่างโหนดที่สั้นกว่ามากขึ้น จึงสรุปได้ว่าค่า β ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นในสมการที่ 1 ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้องการหาเส้นทางที่สั้นเป็นหลัก ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกกำหนดค่า β เท่ากับ 5

2.) การหาจำนวนมด (k)

จากวิธีการระบบมดพบว่าจำนวนมดมีผลต่อการอัปเดตฟีโรโมนซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นในเส้นทางที่มีการอัปเดตฟีโรโมนมีค่าสูงกว่าเส้นทางอื่น ๆ ส่งผลให้มดมีโอกาเลือกเดินในเส้นทางดังกล่าวมากกว่าเส้นทางอื่น ๆ

จำนวนมดในงานวิจัยนี้ คือ k เท่ากับ 5 เนื่องจากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยอื่นๆ ที่มีการประยุกต์ใช้ Ant System Algorithm สำหรับการค้นหาเส้นทางมีการกำหนด k เท่ากับ 4 (จิตินันท์ ศรีสุวรรณดีและระพีพันธุ์ปีตาอะโส 2012 : 706 - 714) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อหาค่า k ที่เหมาะสมดังตารางที่ 3-12

จากตารางที่ 3-12 เมื่อมีการกำหนดค่า k เท่ากับ 4 ในการทดสอบพบว่าระบบสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้เพียงบางเส้นทางเท่านั้น แต่หากมีการกำหนดค่า k เท่ากับ 5 พบว่าระบบสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ทุกเส้นทางที่เป็นไปได้ สำหรับการกำหนดค่า k เท่ากับ 6 พบว่าระบบสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ทุกเส้นทางที่เป็นไปได้เช่นเดียวกับการกำหนดค่า k

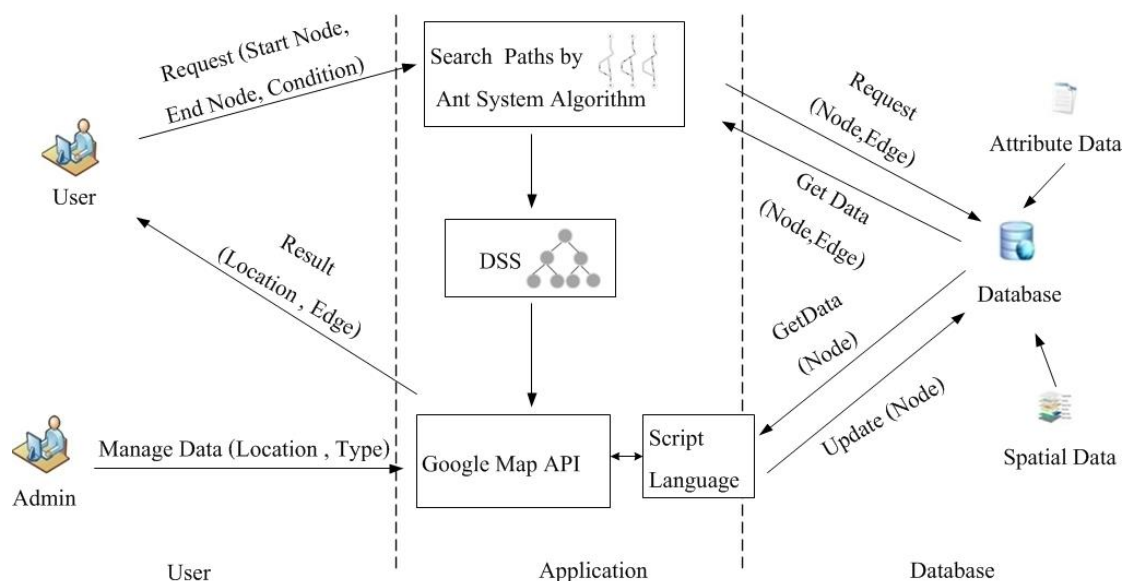
เท่ากับ 5 ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนมคในงานวิจัยนี้ คือ k เท่ากับ 5 เนื่องจากยังมีจำนวนมคมาก
เท่าไรก็ส่งผลถึงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลมากเท่านั้น

ตารางที่ 3-12 ทดสอบหาจำนวนมคที่เหมาะสม

กรณี ที่	จุดเริ่มต้น	จุดปลายทาง	จำนวนมคใน แต่ละรอบ	เส้นทางที่ สั้นที่สุด	เส้นทางที่ระบบค้นหา ได้สั้นที่สุด
1	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองจังหวัด ปัตตานี	4	0.517 กม.	0.517 กม.
2	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาล ปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมือง ปัตตานี	4	0.536 กม.	1.212 กม.
3	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองจังหวัด ปัตตานี	5	0.517 กม.	0.517 กม.
4	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาล ปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมือง ปัตตานี	5	0.536 กม.	0.536 กม.
5	สำนักงานบังคับคดีจังหวัด ปัตตานี	ศาลติสุขปัตตานี	5	0.814 กม.	0.814 กม.
6	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองจังหวัด ปัตตานี	6	0.517 กม.	0.517 กม.
7	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาล ปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมือง ปัตตานี	6	0.536 กม.	0.536 กม.
8	สำนักงานบังคับคดีจังหวัด ปัตตานี	ศาลติสุขปัตตานี	6	0.814 กม.	0.814 กม.

3.4 สถาปัตยกรรมระบบและการออกแบบระบบ

3.4.1 สถาปัตยกรรมระบบ



ภาพที่ 3-9 สถาปัตยกรรมระบบ

สถาปัตยกรรมระบบประกอบด้วย 3 ส่วนดังภาพที่ 3-9

- 1.) Database สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูล MySQL โดยข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ
 - Attribute Data เป็นข้อมูลเชิงบรรยายเช่น ชื่อถนน ระยะทาง ชื่อสถานที่ต่างๆ เป็นต้น
 - Spatial Data เป็นข้อมูลทางภูมิศาสตร์เช่น ตำแหน่ง สถานที่ที่พิกัดเป็นต้น
- 2.) Application เป็นส่วนการทำงานของระบบซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ
 - Search Paths by Ant System Algorithm เป็นฟังก์ชันสำหรับค้นหาเส้นทางโดยใช้ Ant System Algorithm ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา PHP
 - Decision Support System (DSS) เป็นส่วนสนับสนุนการตัดสินใจโดยทำการกรองข้อมูลและจัดลำดับเส้นทางตามเงื่อนไขที่ได้จาก Request ของ User
 - Google Map API เป็น API ที่ใช้สำหรับเรียกใช้งานในการเพิ่มข้อมูลสถานที่ระยะทางลงในฐานข้อมูลโดยใช้ Script Language เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานและการติดต่อระหว่างฐานข้อมูลกับ Google Map API นอกจากนี้ Google Map API ยังแสดงผลแผนที่ที่ได้จากการค้นหาเส้นทางด้วย Ant System ด้วย
- 3.) User แบ่งผู้ใช้งานระบบออกเป็น 2 ประเภท
 - ผู้ดูแลระบบ(Admin) มีหน้าที่จัดการข้อมูลทางภูมิศาสตร์ต่างๆ ในจังหวัดปัตตานีและเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในจังหวัดปัตตานี ผู้ดูแลระบบทำการเข้าสู่ระบบ

จากนั้นระบบทำการตรวจสอบความถูกต้องของUsername และPassword เพื่อเข้าสู่หน้าของการจัดการข้อมูล ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลชื่อสถานที่ไหนต่าง ๆ ได้ และเพิ่มข้อมูลสถานที่ที่สำคัญหรือทางแยกและเหตุการณ์ความไม่สงบต่างๆ ในจังหวัดปัตตานี โดยเรียกใช้งานผ่านทางระบบโดยใช้ Google Map API สำหรับสกัดค่าละติจูดและลองจิจูด ซึ่งการเรียกใช้ Google Map API ในการรับ-ส่งข้อมูลจะใช้ Script Language เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานซึ่งข้อมูลเหตุการณ์ความรุนแรงในจังหวัดปัตตานีได้รับจากฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้

- ผู้ใช้งานทั่วไป(User) ทำการส่ง Request (Start Node, End Node, Condition) ผ่านหน้า Web Application ซึ่งประกอบด้วยจุดเริ่มต้น, จุดปลายทางและเงื่อนไข ซึ่งเงื่อนไขประกอบไปด้วย 2เงื่อนไข คือ
 - สถานที่สำคัญที่ผู้ใช้ไม่ต้องการผ่าน
 - รูปแบบที่เหมาะสมที่ต้องการค้นหาจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดและความปลอดภัย

จากนั้นระบบทำการค้นหาเส้นทาง โดยใช้ Ant System Algorithm สำหรับค้นหาเส้นทาง จากฐานข้อมูล จากนั้นระบบทำการรับข้อมูลจากฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วยละติจูดและลองจิจูดของแต่ละไหน และระยะทางระหว่างไหน จากนั้นระบบทำการค้นหาเส้นทาง เมื่อได้เส้นทางทั้งหมดแล้ว เส้นทางดังกล่าวถูกส่งไปยัง Decision Support System (DSS) โดยทำการจัดลำดับเส้นทางตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้ต้องการ (ระยะทางที่สั้นที่สุดหรือความปลอดภัย) เพื่อช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้ในการเลือกเส้นทางสำหรับการเดินทางและทำการแสดงผลลัพธ์ทั้งหมดให้กับผู้ใช้โดยผ่าน WebApplication และแสดงผลโดยใช้ Google Map API

3.4.2 การออกแบบหน้าจอ

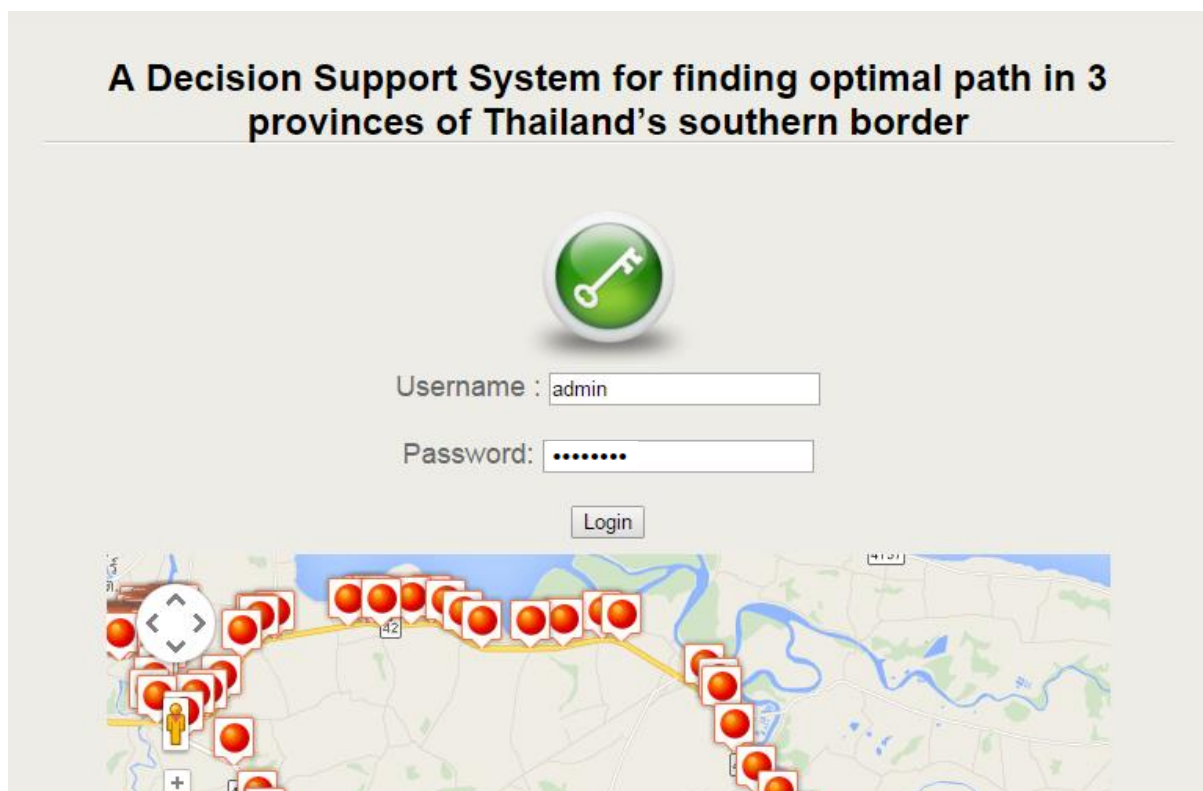
การออกแบบหน้าจอ (Screen Design) หลังจากวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยใช้ UML ทำให้ทราบถึงข้อมูลในระบบทั้งหมด ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบหน้าจอโปรแกรมซึ่งทำให้ทราบถึงการทำงานของโปรแกรมก่อนที่จะนำไปสู่การพัฒนาระบบต่อไป ซึ่งมีตัวอย่างรายละเอียดดังนี้

3.4.2.1 ส่วนหน้าจอหลักสำหรับผู้ดูแลระบบ

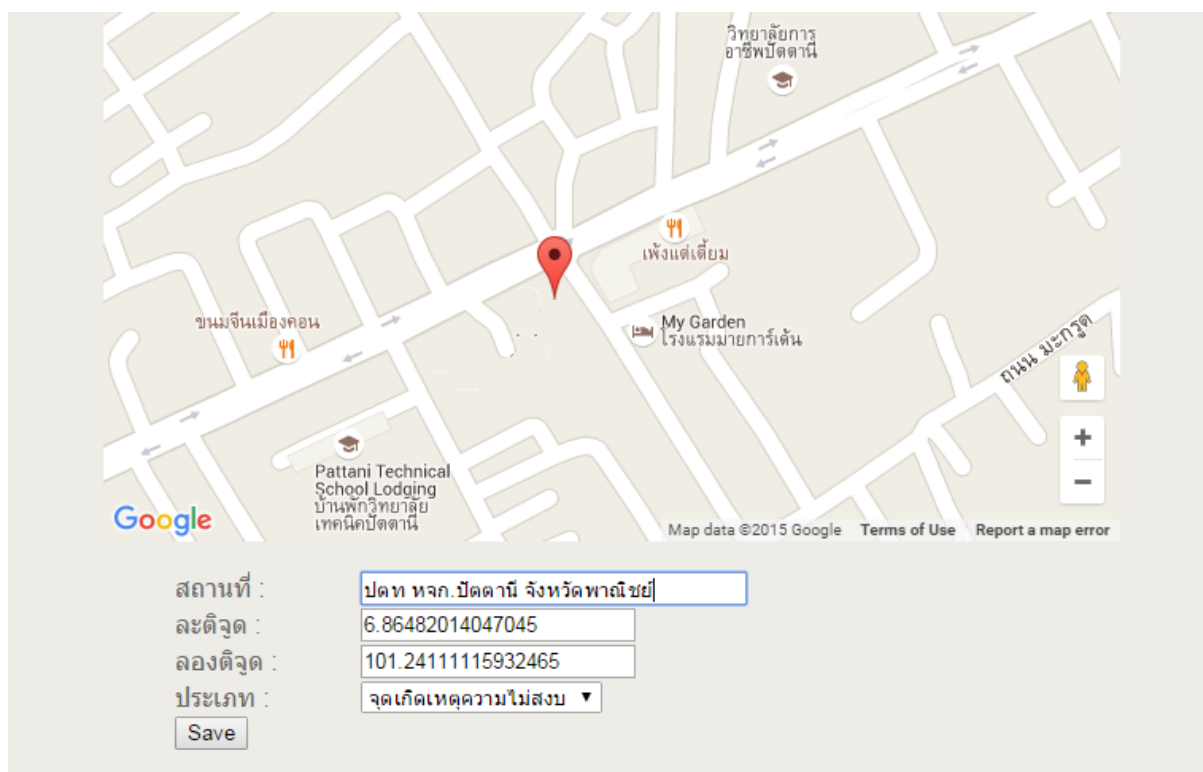
สำหรับผู้ดูแลระบบ (Admin) ที่ต้องการเพิ่มข้อมูลสถานที่สำคัญและข้อมูลตำแหน่งเหตุการณ์ความไม่สงบ ผู้ดูแลระบบต้องทำการเข้าสู่ระบบ โดยใช้ข้อมูล Username และ Password จากนั้นทำการกดปุ่ม Login ระบบจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล Username และ Password ดังภาพที่ 3-10

เมื่อมีการตรวจสอบความถูกต้องของ Username และ Password เรียบร้อยแล้วผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มข้อมูลสถานที่สำคัญและข้อมูลตำแหน่งเหตุการณ์ความไม่สงบโดยผู้ดูแลระบบทำ

การเลือกจุดบนแผนที่ผ่าน Google Map API จากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลพิกัดคือละติจูดและลองจิจูดขึ้นมาเพื่อให้ผู้ดูแลระบบทำการกำหนดประเภทของข้อมูลซึ่งประกอบด้วย 3 ประเภทคือสถานที่สำคัญ, จุดเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบและทางแยกจากนั้นทำการกดปุ่มบันทึกเพื่อทำการบันทึกข้อมูลดังภาพที่ 3-11



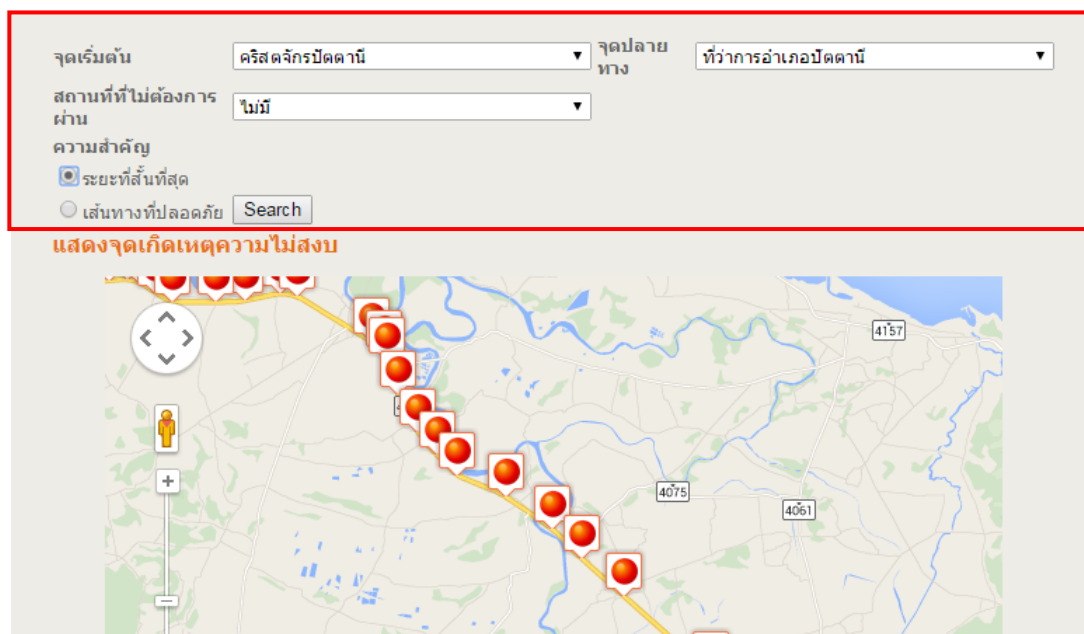
ภาพที่ 3-10 หน้าจอเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 3-11 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลสำหรับผู้ดูแลระบบ

3.4.2.2 ส่วนหน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเข้าสู่หน้าหลักของระบบเพื่อค้นหาเส้นทางโดยผู้ใช้งานทำการเลือกสถานที่เริ่มต้น, สถานที่ปลายทาง, สถานที่ที่ไม่ต้องการผ่านและกำหนดความสำคัญในการค้นหาเส้นทางซึ่งความสำคัญในการค้นหาเส้นทางแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือระยะทางที่สั้นที่สุดและความปลอดภัยจากนั้นกดปุ่ม Search ระบบจะทำการค้นหาเส้นทางให้กับผู้ใช้โดยแสดงผลลัพธ์ตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานต้องการดังตัวอย่างต่อไปนี้ : ผู้ใช้เลือกจุดเริ่มต้นคือคริสตจักรปัตตานี, จุดปลายทางคือว่าการอำเภอปัตตานีไม่มีการเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่านและเลือกความสำคัญเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 หน้าจอค้นหาเส้นทาง

เมื่อระบบทำการค้นหาเส้นทางตามขั้นตอนวิธีการระบบมด โดยเส้นทางทั้งหมดที่ได้จากการค้นหาเส้นทางจะทำการเรียงลำดับเส้นทางจากเส้นทางที่มีระยะทางน้อยที่สุดไปยังเส้นทางที่มีระยะทางมากที่สุดตามลำดับ จากนั้นนำเสนอเส้นทางให้ผู้เลือกใช้เลือกในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง โดยจากเงื่อนไขดังกล่าวค้นพบเส้นทางในการเดินทางทั้งหมด 5 เส้นทางดังภาพที่ 3-13

ศรีสทจักร์ปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

เส้นทางที่ 1 

ศรีสทจักร์ปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
 โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
 รวมระยะทาง 0.627 กิโลเมตร

<----->

เส้นทางที่ 2 

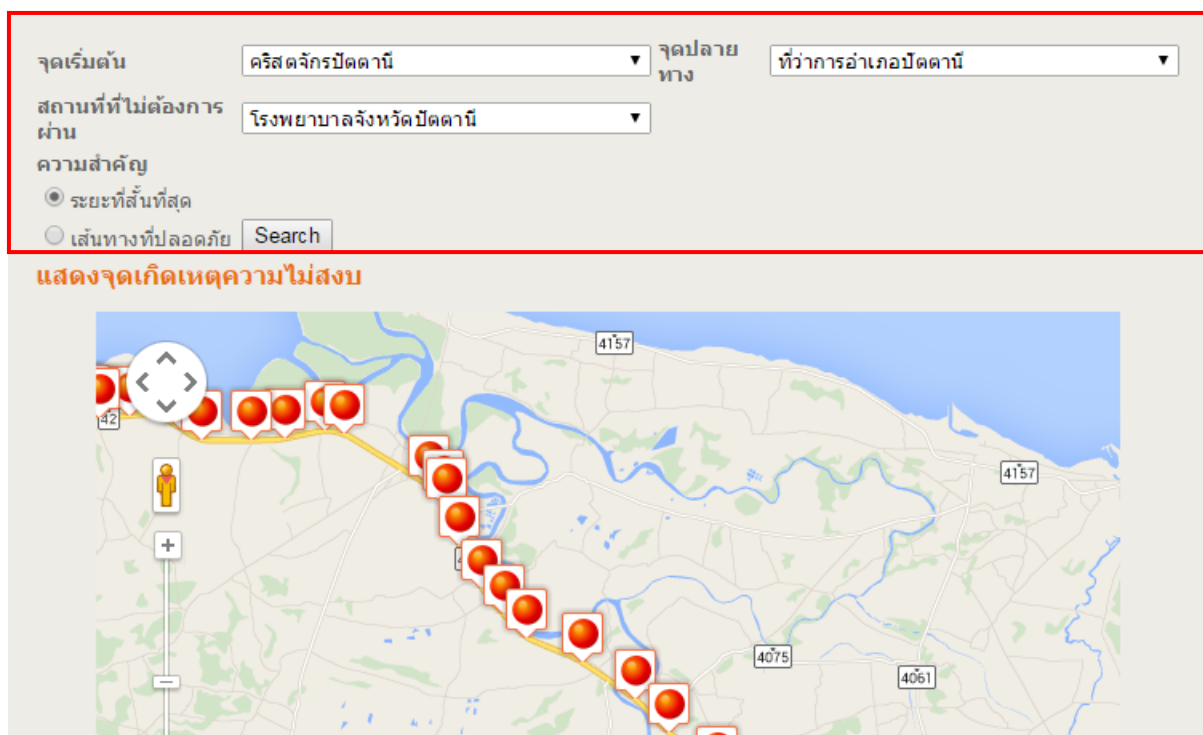
ศรีสทจักร์ปัตตานี - สี่แยกถนนมะรุต 0.2 กม.
 สี่แยกถนนมะรุต - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
 สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะรุต 0.079 กม.
 สามแยกถนนมะรุต - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
 รวมระยะทาง 0.879 กิโลเมตร

<----->

เส้นทางที่ 3 

ศรีสทจักร์ปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
 โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
 รวมระยะทาง 1.027 กิโลเมตร

<----->



ภาพที่ 3-15 การค้นหาเส้นทางกรณีเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน

เมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Search ระบบจะทำการค้นหาเส้นทางโดยตรวจสอบแต่ละเส้นทาง หากพบว่าเส้นทางใดมีการผ่านโหนดหรือสถานที่ที่ผู้ใช้ระบุว่าไม่ต้องการผ่าน ระบบจะทำการลบเส้นทางผลลัพธ์นั้น และเรียงลำดับเส้นทางจากเส้นทางที่มีระยะทางน้อยที่สุดไปยังเส้นทางที่มีระยะทางมากที่สุดตามลำดับและนำเสนอเส้นทางให้ผู้ใช้เลือกในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง โดยจากเงื่อนไขดังกล่าวค้นพบเส้นทางในการเดินทางทั้งหมด 3 เส้นทางดังภาพที่ 3-16 และเมื่อผู้ใช้เลือกเส้นทางจะเห็นได้ว่าเส้นทางที่ได้จะไม่ผ่านโรงพยาบาลปัตตานีตามที่ผู้ใช้กำหนด ดังภาพที่

3-17

คริสตจักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

เส้นทางที่ 1

คริสตจักรปัตตานี - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.
 สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
 สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
 รวมระยะทาง 0.879 กิโลเมตร

<----->

เส้นทางที่ 2

คริสตจักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - สี่แยก 0.2 กม.
 สี่แยก - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.
 สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
 สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
 รวมระยะทาง 1.349 กิโลเมตร

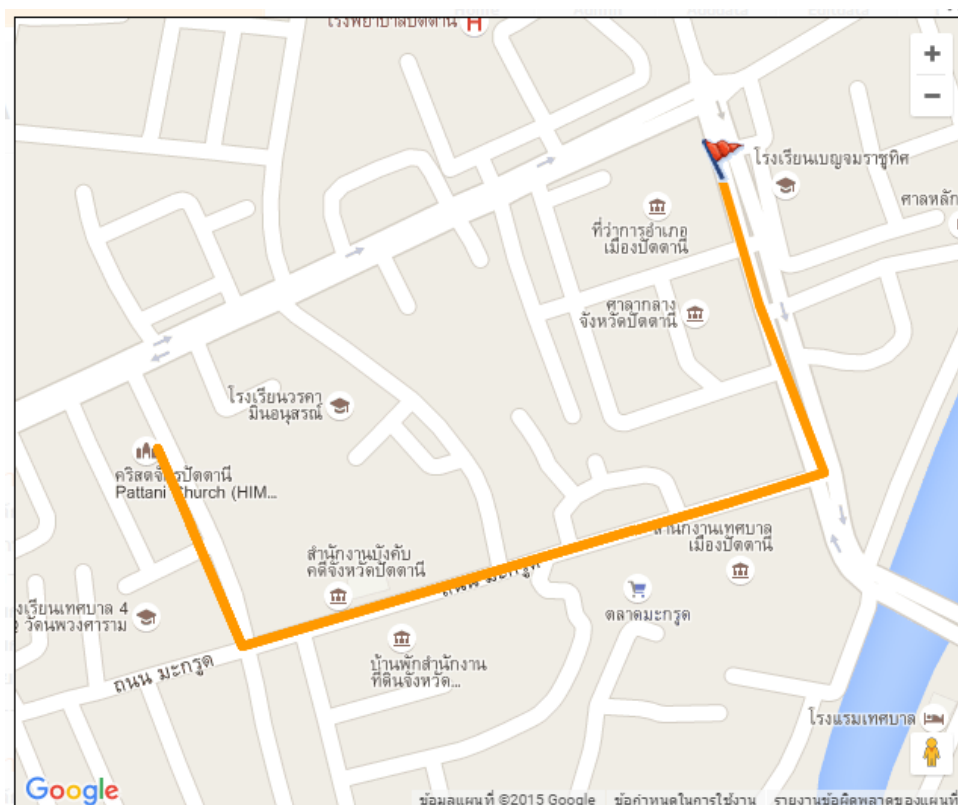
<----->

เส้นทางที่ 3

คริสตจักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - สี่แยก 0.2 กม.
 สี่แยก - สามแยก 0.076 กม.
 สามแยก - สี่แยก 0.1 กม.
 สี่แยก - สามแยก 0.068 กม.
 สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.
 สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
 สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
 รวมระยะทาง 1.493 กิโลเมตร

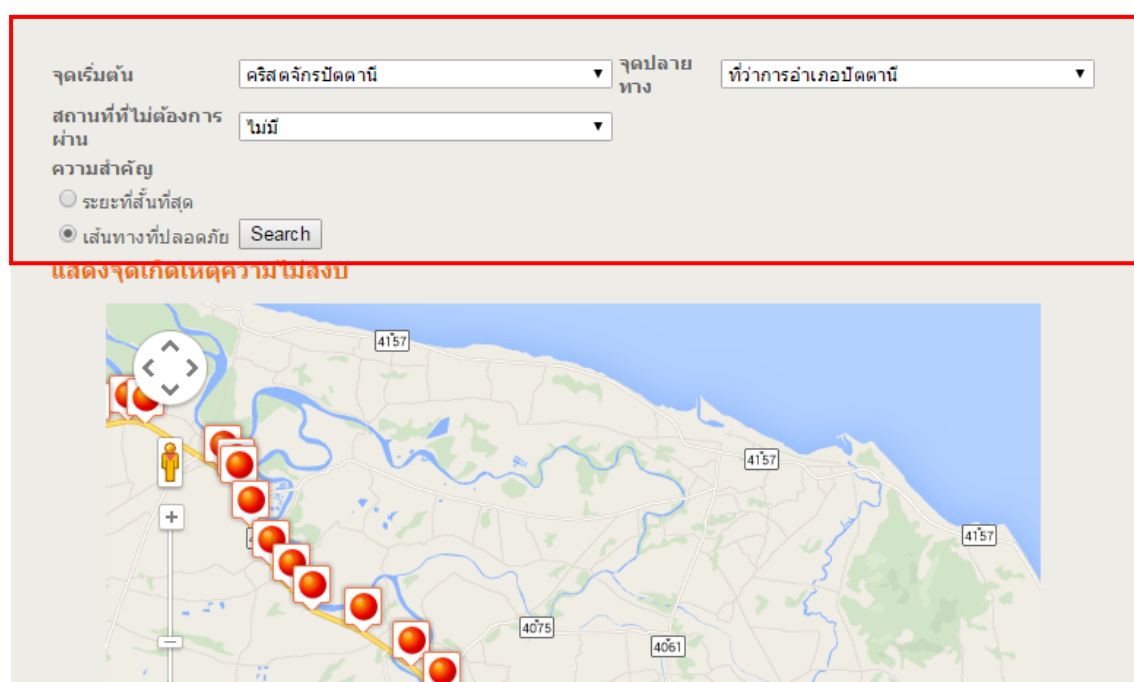
<----->

ภาพที่ 3-16 หน้าจอผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางกรณีเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน



ภาพที่ 3-17 หน้าจอแสดงเส้นทางผ่าน Google map API กรณีเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน

สำหรับกรณีที่ผู้ใช้เลือกจุดเริ่มต้นเป็น คริสตจักร จุดปลายทางเป็น ที่ว่าการอำเภอปัตตานี ไม่มีการเลือกสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน และความสำคัญเป็นเส้นทางที่ปลอดภัยดังภาพที่ 3-18



ภาพที่ 3-18 ค้นหาเส้นทางกรณีเลือกความสำคัญเส้นทางที่ปลอดภัย

เมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Search ระบบจะทำการค้นหาเส้นทางโดยระบบทำการตรวจสอบจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นของแต่ละเส้นทางจากนั้นระบบทำการจัดลำดับเส้นทางโดยเรียงลำดับจากเส้นทางที่มีจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบน้อยที่สุดไปยังเส้นทางที่มีจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบมากที่สุดตามลำดับในกรณีที่เส้นทางมีจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบเท่ากันระบบจะทำการเลือกเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดจากนั้นระบบจะนำเสนอเส้นทางให้แก่ผู้ใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการเดินทาง โดยจากเงื่อนไขดังกล่าวค้นพบเส้นทางในการเดินทางทั้งหมด 3 เส้นทางดังภาพที่ 3-19 และเมื่อผู้ใช้เลือกเส้นทางระบบจะแสดงแผนที่การเดินทางโดยที่แต่ละเส้นทางจะไม่มีการเดินทางผ่านโรงพยาบาลปัตตานีตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนดดังภาพที่ 3-20

คริสตจักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

เส้นทางที่ 1 

คริสตจักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
 โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
รวมระยะทาง 0.627 กิโลเมตร
ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

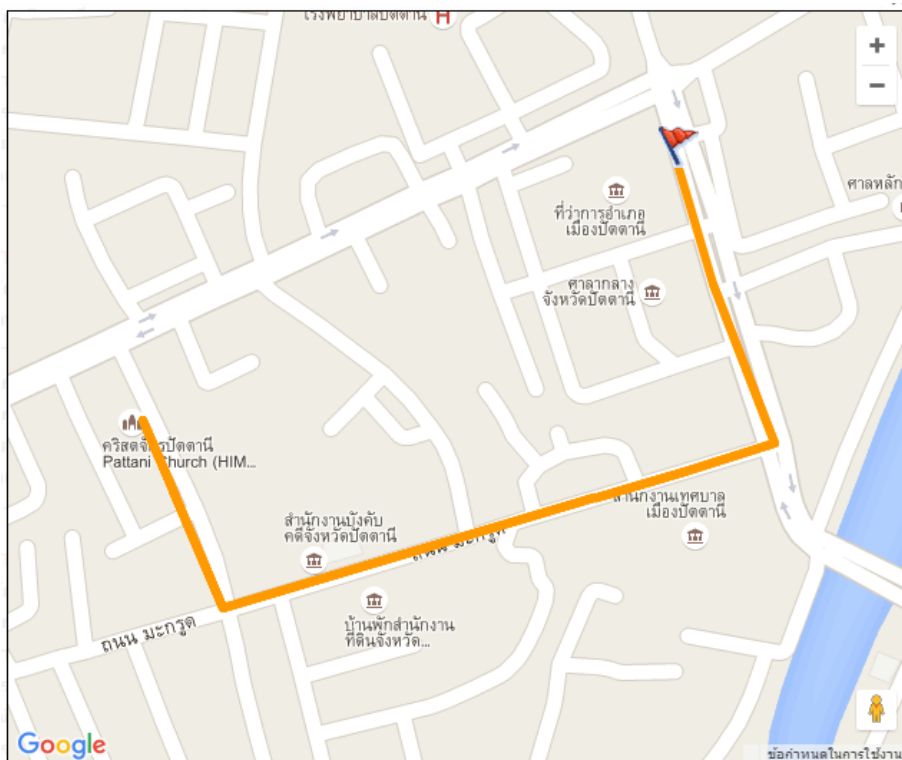
เส้นทางที่ 2 

คริสตจักรปัตตานี - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.
 สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
 สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
รวมระยะทาง 0.879 กิโลเมตร
ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

เส้นทางที่ 3 

คริสตจักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
 โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
รวมระยะทาง 1.027 กิโลเมตร
ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

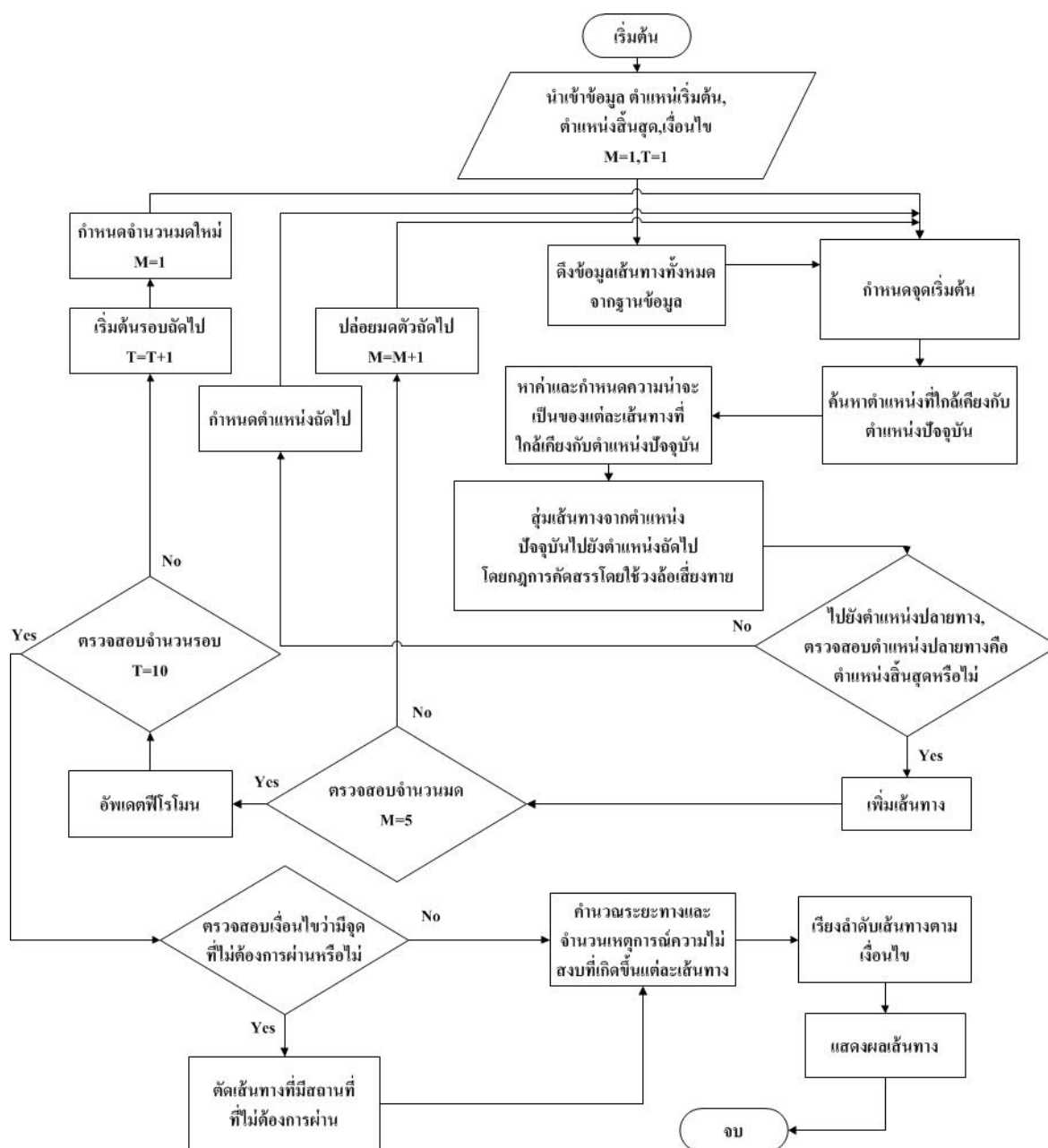
ภาพที่ 3-19 ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางกรณีเลือกความสำคัญเส้นทางที่ปลอดภัย



ภาพที่ 3-20 แสดงเส้นทางผ่าน Google map API กรณีเลือกความสำคัญ คือ เส้นทางที่ปลอดภัย

3.5 การพัฒนาและการทำงานของระบบ

การดำเนินการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ด้วย Ant System Algorithm พัฒนาด้วยภาษา PHP ซึ่งทำงานร่วมกับฐานข้อมูล MySQL ทำการทดสอบและทดลองเผยแพร่เว็บไซต์ที่เว็บไซต์ <http://mis.csit.sci.tsu.ac.th/it552995013> การทำงานของระบบมีรายละเอียดดังภาพที่ 3-21



ภาพที่ 3-21 การทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3-21 การทำงานของระบบ อธิบายการทำงานได้ ดังต่อไปนี้

การทำงานของระบบจำนวน 10 รอบ แต่ละรอบใช้มด 5 ตัว

1. เริ่มต้นคือเริ่มการทำงานของระบบ

2. นำเข้าข้อมูล นำเข้าข้อมูลจากผู้ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่งเริ่มต้นหรือตำแหน่งเริ่มต้นที่ต้องการออกเดินทาง, ตำแหน่งสิ้นสุดหรือตำแหน่งปลายทางที่ต้องการเดินทางไปและเงื่อนไข ซึ่งเงื่อนไขประกอบไปด้วย 2 เงื่อนไข คือ 1. สถานที่สำคัญที่ผู้ใช้ไม่ต้องการผ่าน 2. รูปแบบที่เหมาะสมที่

ต้องการค้นหาแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดและความปลอดภัยโดยกำหนดให้ M แทน จำนวนมด T แทนจำนวนรอบ โดยในรอบแรกกำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 1 และ T มีค่าเท่ากับ 1

3. ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล ทำการดึงข้อมูลเส้นทางทั้งหมดจากฐานข้อมูลเพื่อทำการเตรียมข้อมูลสำหรับการค้นหาเส้นทาง เช่น ข้อมูลพิกัดแต่ละโหนด, ระยะทางระหว่างโหนด เป็นต้น

4. กำหนดตำแหน่งเริ่มต้น เป็นการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นให้กับมด

5. ค้นหาตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งปัจจุบัน ทำการค้นหาตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งปัจจุบันซึ่งเป็นการค้นหาตำแหน่งบริเวณรอบๆตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อค้นหาเส้นทางที่ต้องการเดินทางไปยังตำแหน่งถัดไป

6. หาค่าความน่าจะเป็น ทำการหาค่าความน่าจะเป็นจากสมการที่ 1 ของแต่ละเส้นทางเพื่อให้มดเลือกเส้นทางเพื่อเดินทางไปยังตำแหน่งถัดไป

7. สุ่มเส้นทางเพื่อไปยังตำแหน่งถัดไป ทำการสุ่มเส้นทางเพื่อไปยังตำแหน่งถัดไปโดยใช้ข้อมูลความน่าจะเป็นที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 และใช้กฎการคัดสรรโดยใช้วงล้อเสี่ยงทาย

8. ไปยังตำแหน่งปลายทางตรวจสอบตำแหน่งสิ้นสุด เมื่อมดเดินทางไปยังตำแหน่งปลายทาง มดทำการตรวจสอบตำแหน่งที่เดินมา หากไม่ใช่ตำแหน่งสิ้นสุดให้กลับไปทำงานตามขั้นตอนที่ 9 มิฉะนั้นไปทำตามขั้นตอนที่ 10

9. กำหนดตำแหน่งถัดไปทำการกำหนดตำแหน่งถัดไป โดยการกำหนดจุดเริ่มต้นเป็นตำแหน่งถัดไปที่มีมดได้เลือกเดิน

10. เพิ่มเส้นทาง ทำการเพิ่มเส้นทางหรือเก็บข้อมูลเส้นทางที่มีมดได้เลือกเดิน

11. ตรวจสอบจำนวนมด ตรวจสอบจำนวนมดหากมดมีจำนวนมดเท่ากับ 5 ไปทำตามขั้นตอนที่ 13 มิฉะนั้นทำตามขั้นตอนที่ 12

12. ปลออยมดตัวถัดไป ทำการเริ่มต้นปลออยมดตัวถัดไป ($M = M+1$)

13. อัปเดตฟีโรโมน เมื่อมดเดินทางครบทั้ง 5 ตัว จะมีการอัปเดตฟีโรโมน โดยมีการระเหยฟีโรโมน ทุก ๆ เส้นทางและมีการเพิ่มฟีโรโมนบนเส้นทางที่สั้นที่สุดจากการค้นหาเส้นทางของมดทั้ง 5 ตัวในรอบนั้น ๆ

14. ตรวจสอบจำนวนรอบ ตรวจสอบจำนวนรอบหากจำนวนรอบเท่ากับ 10 ไปทำตามขั้นตอนที่ 17 มิฉะนั้นไปทำตามขั้นตอนที่ 15

15. เริ่มต้นรอบถัดไป ทำการเริ่มต้นรอบถัดไป ($T = T+1$)

16. กำหนดจำนวนมดใหม่ ทำการกำหนดจำนวนมดใหม่ โดยการกำหนดให้มดเริ่มต้นจากตัวที่ 1

17. ตรวจสอบเงื่อนไขว่ามีตำแหน่งที่ไม่ต้องการผ่านหรือไม่ ทำการตรวจสอบเงื่อนไขตำแหน่งที่ไม่ต้องการผ่าน หากมีตำแหน่งที่ไม่ต้องการผ่านไปทำตามขั้นตอนที่ 19 มิฉะนั้นไปทำตามขั้นตอนที่ 18

18. คำนวณระยะทางและจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นแต่ละเส้นทางของผลลัพธ์ ทำการคำนวณเส้นทางผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทาง เพื่อหาระยะทางของแต่ละเส้นทางและจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นบนเส้นทาง

19. ตัดเส้นทางที่มีสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทาง หากเส้นทางนั้นมีสถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน ให้ทำการตัดเส้นทางนั้นๆออกไปและทำในขั้นตอนที่ 18 ต่อไป

20. เรียงลำดับเส้นทางตามเงื่อนไข ทำการเรียงลำดับเส้นทางที่ได้จากการค้นหาตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้ระบุ

21. แสดงผลเส้นทาง ทำการแสดงผลเส้นทางให้กับผู้ใช้ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ต้องการเดินทางตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด

22. จบ คือ สิ้นสุดการทำงาน

3.6 การทดสอบ

การทดสอบระบบจะใช้วิธีการทดสอบประสิทธิผลของระบบและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ดังนี้

1. ทดสอบเพื่อวัดประสิทธิผล

การทดสอบการค้นหาเส้นทางโดยวิธีการระบบมด(Ant System Algorithm) จากตัวแทนข้อมูลในอำเภอเมืองจังหวัดปัตตานี โดยใช้ทฤษฎีการประเมินผลการค้นคืนสารสนเทศในการหาค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าระลึก (Recall) (Manning, Raghavan and Schutze. 2009 : 155)

2. ทดสอบเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

การทดสอบโดยผู้ทดลองใช้งานระบบและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)(บุญชมศรีสาธา. 2545 : 102)

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากวิธีการวิจัย (บทที่ 3) ผู้วิจัยได้นำเสนอการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ด้วยวิธีการระบบมด (Ant System Algorithm) กรณีศึกษาเส้นทางในจังหวัดปัตตานี ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพซึ่งเป็นการประเมินระบบด้านความถูกต้องในการค้นหาเส้นทางและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

4.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

4.1.1 วัตถุประสงค์และเกณฑ์การประเมิน

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ด้วยวิธีการระบบมด (Ant System Algorithm) ออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและการหลบหลีกเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่าน จากตำแหน่งต้นทางไปหาตำแหน่งปลายทางและแนะนำเส้นทางให้กับผู้ใช้ ในการวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การประเมินผลการค้นคืนสารสนเทศจากค่า ความแม่นยำ (Precision) และค่าระลึก (Recall) เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทางและมีการประเมินระบบ เพื่อทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้

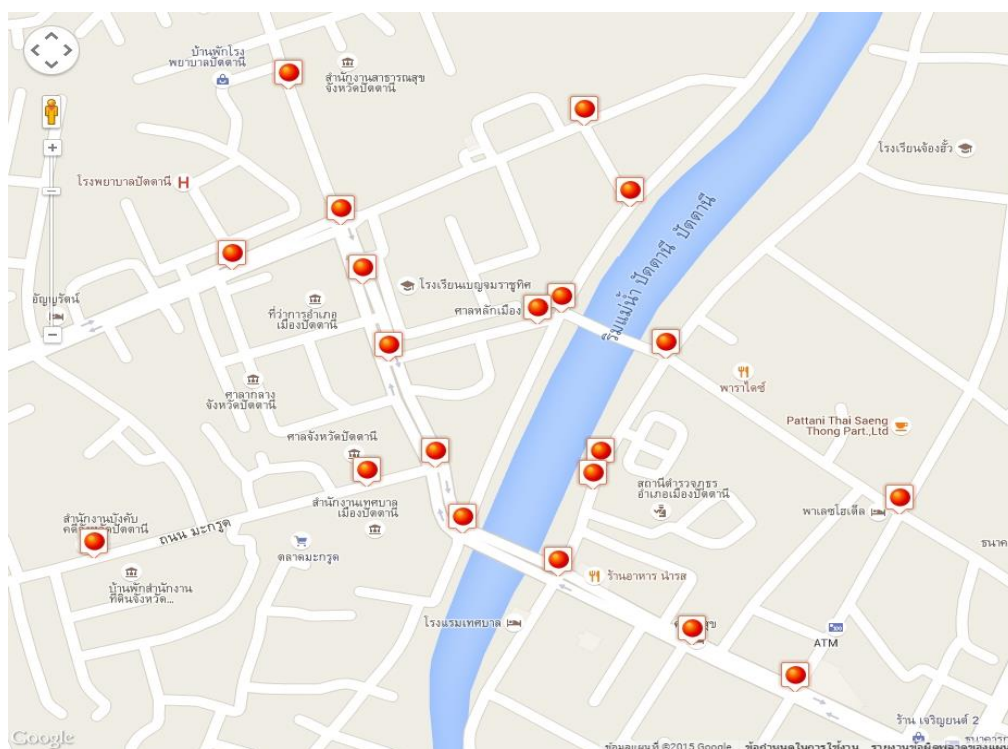
ผู้พัฒนาได้เลือกโหนดและเส้นทางต่างๆ จำนวน 20 โหนด จากตารางที่ 4-1 เพื่อใช้ในการทดสอบประเมินระบบโดยสามารถแสดงข้อมูลทั้ง 20 โหนดในแผนที่ได้ดังภาพที่ 4-1 และแสดงจุดเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบดังภาพที่ 4-2 เพื่อใช้ในการทดสอบระบบ โหนดดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบบ่อยครั้ง โดยเป็นบริเวณอำเภอเมืองปัตตานีที่มีสถานที่ที่สำคัญจำนวนหลายแห่ง จึงใช้ข้อมูลบริเวณดังกล่าวเป็นตัวแทนของข้อมูลสำหรับการประเมินระบบโดย 20 โหนดแบ่งเป็นสถานที่สำคัญ 8 โหนดและ 12 โหนดเป็นสามแยก สี่แยก และทางโค้ง ต่างๆ

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลสถานที่หรือโหนด

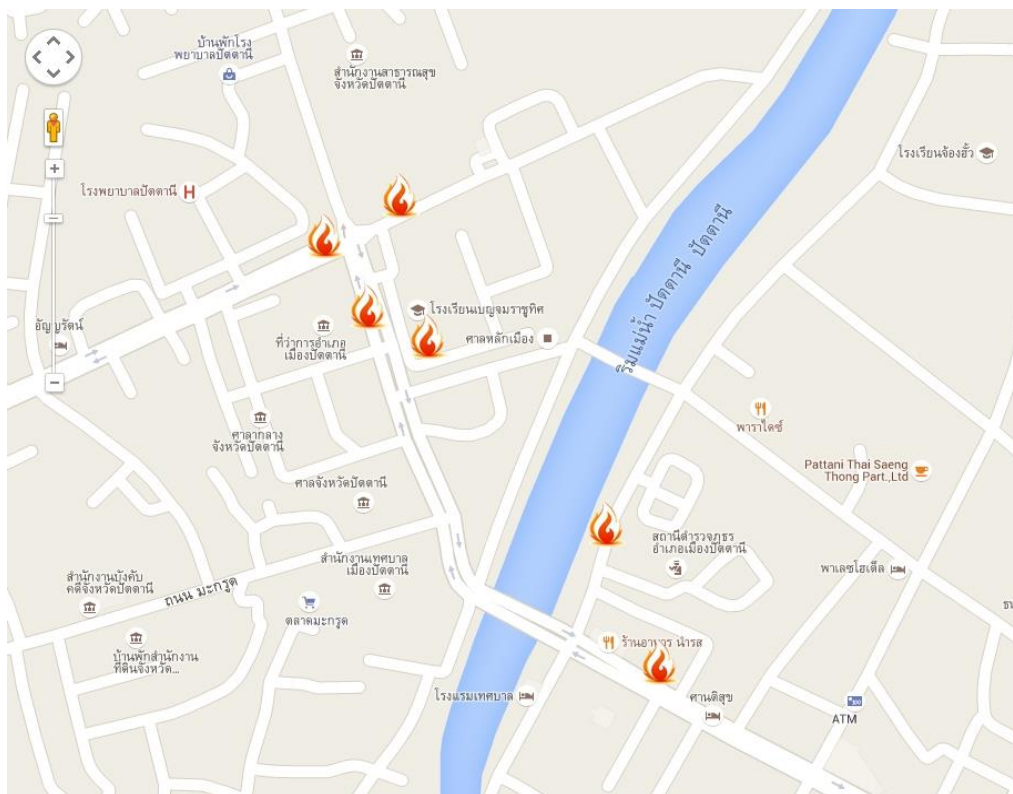
ID	Location	Lat	Lng	Type
116	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	6.86659900781379	101.250659823418	0
147	สามแยก	6.86607706539041	101.251603960991	1
104	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	6.86901697850818	101.249334812164	0
117	สามแยกถนนมะรุค	6.86681737131082	101.251343786716	1
118	สามแยก	6.86799440209315	101.250879764557	1
119	สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี	6.86951761407641	101.25040769577	1
120	ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	6.86886252700311	101.250622272491	0
121	ศาลหลักเมืองปัตตานี	6.86841514994676	101.252344250679	0
122	สี่แยกศาลหลักเมือง	6.86853498312811	101.252591013908	1
123	สามแยก	6.86972266147086	101.25325883953	1
124	สามแยก	6.87062540154555	101.252808272839	1

125	สี่แยก	6.86803168356356	101.25362098217	1
126	ทางโค้ง	6.86681204537306	101.252971887589	1
127	งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์	6.86657237811216	101.252891421318	0
128	สี่แยกไปรษณีย์	6.86559639851963	101.252554804087	1
129	สถานีสุขปัดตานี	6.8648307923905	101.253873109818	0
130	สี่แยก	6.86430618504481	101.254892349243	1
131	สี่แยก	6.86629542912699	101.255919635296	1
148	สำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานี	6.86580544206603	101.247966885567	0
142	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	6.87103283234544	101.249895393848	0

จากตารางที่ 4-1 สามารถอธิบายได้ว่า ID คือ รหัสข้อมูล Location คือ ชื่อสถานที่ Lat คือตำแหน่งละติจูด Lng คือตำแหน่งลองจิจูด และ Type คือประเภทของข้อมูล ซึ่งประเภทของข้อมูล 0 คือเป็นสถานที่ที่สำคัญและ 1 คือทางแยกต่างๆ



ภาพที่ 4-1 ข้อมูลสำหรับการทดสอบระบบ



ภาพที่ 4-2 ข้อมูลจุดเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบสำหรับการทดสอบระบบ

1. การทดสอบ : การประเมินประสิทธิผลด้านความถูกต้องในการค้นหาเส้นทาง

1.1 วัดอุปสงค์

เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบด้านความถูกต้องในการค้นหาเส้นทาง โดยระบบจะทำการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งปลายทางตามเงื่อนไขของผู้ใช้งาน ซึ่งผลลัพธ์จากการค้นหาเส้นทางของระบบ จะช่วยแนะนำเส้นทางการเดินทางและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางให้กับผู้ใช้

1.2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับการทดสอบระบบ

1.2.1 ข้อมูลสถานที่ที่สำคัญและทางแยกต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย 20 โหนด แบ่งเป็นสถานที่สำคัญสำหรับจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางมีทั้งหมด 8 โหนด คือ 1.สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 2.โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 3.ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 4.ศาลหลักเมืองปัตตานี 5.งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 6.สถานีสุโขปัตตานี 7.สำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานี 8.สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี และ 12 โหนดเป็นสามแยก สี่แยก และทางโค้งต่างๆ

1.2.2 ข้อมูลระยะทางระหว่างโหนด

1.2.3 ข้อมูลจุดเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบ

1.2.4 ข้อมูลสำหรับการค้นหาทาง ประกอบด้วย 4 ข้อมูล คือ จุดเริ่มต้น จุดปลายทาง เส้นทางที่ไม่ต้องการผ่าน และความสำคัญสำหรับการค้นหาเส้นทาง

1.3 เกณฑ์การทดสอบ

ในการทดสอบผู้วิจัยใช้การประเมินผลโดยหาค่าความแม่นยำ และ ค่าระลึก

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \text{ และ } \text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

โดยที่

ค่าความแม่นยำ (Precision) คือ ค่าผลการค้นหาเส้นทางที่มีความถูกต้อง

ค่าระลึก (Recall) คือ ค่าผลการค้นหาเส้นทางที่มีความแม่นยำซึ่งสามารถค้นหาได้ครบตามจำนวนเส้นทางทั้งหมดที่ควรจะเป็น

TP (True Positive) คือ เส้นทางที่ระบบค้นหาถูกต้อง

FP (False Positives) คือ เส้นทางที่ถูกค้นหาแต่เป็นเส้นทางที่ไม่ถูกต้อง

FN (False Negative) คือ เส้นทางที่ระบบไม่สามารถค้นหาได้

1.4 กระบวนการทดสอบ

นำเข้าข้อมูลสำหรับการค้นหาเส้นทาง และทำการค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง ที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณหาความแม่นยำและ ค่าระลึกตามวิธีการที่ได้ระบุไว้และหาค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าความแม่นยำและ ค่าระลึก

1.5 ผลลัพธ์และการวิเคราะห์

จากการทดสอบการค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางสามารถพบเส้นทางที่เป็นไปได้ 12 กรณี ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สรุปผลการทดสอบ

ทดสอบ กรณีที่	จุดเริ่มต้น	จุดปลายทาง	เส้นทางที่ไม่ต้องการ ผ่าน	ความสำคัญ	จำนวนเส้นทาง ทั้งหมดที่เป็นไปได้	จำนวนเส้นทางที่ ระบบค้นหาได้	ค่า ความ แม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
1	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี	-	เส้นทางที่สั้นที่สุด	7	6	100%	85.7%
2	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี	ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	เส้นทางที่สั้นที่สุด	3	3	100%	100%
3	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	-	เส้นทางที่สั้นที่สุด	8	6	100%	75%
4	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	ศาลหลักเมืองปัตตานี	เส้นทางที่สั้นที่สุด	4	3	100%	75%
5	สำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานี	ศาลตีสวยปัตตานี	-	เส้นทางที่สั้นที่สุด	9	6	100%	66.67%
6	สำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	เส้นทางที่สั้นที่สุด	0	0	0%	0%
7	ศาลตีสวยปัตตานี	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	-	ปลอดภัย	10	6	100%	60%
8	ศาลตีสวยปัตตานี	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	ปลอดภัย	4	3	100%	75%
9	งานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ประโยชน์	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	-	ปลอดภัย	10	5	100%	50%
10	สำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานี	ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	ปลอดภัย	0	0	0%	0%

11	ศาลติสุขปัตตานี	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์	ปลอดภัย	5	4	100%	80%
12	งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	ศาลหลักเมืองปัตตานี	ปลอดภัย	5	4	100%	80%
ค่าเฉลี่ย							83%	62.28%

จากการทดสอบครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากโรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึงศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด พบว่ามี 7 เส้นทางที่เป็นไปได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-3 รวมทั้งสามารถตรวจสอบรายละเอียดเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดและเส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาได้ดังตารางที่ 4-4 เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแสดงได้ดังภาพที่ 4-3-32 และเส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 6 เส้นทาง ดังภาพที่ 4-10 ถึง ภาพที่ 4-8

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลผลการทดสอบครั้งที่ 1

ทดสอบครั้งที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าระลึกลับ
1	6	0	1	$\frac{6}{6+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{6}{6+1} \times 100 = 85.7\%$

ตารางที่ 4-4 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางทดสอบครั้งที่ 1

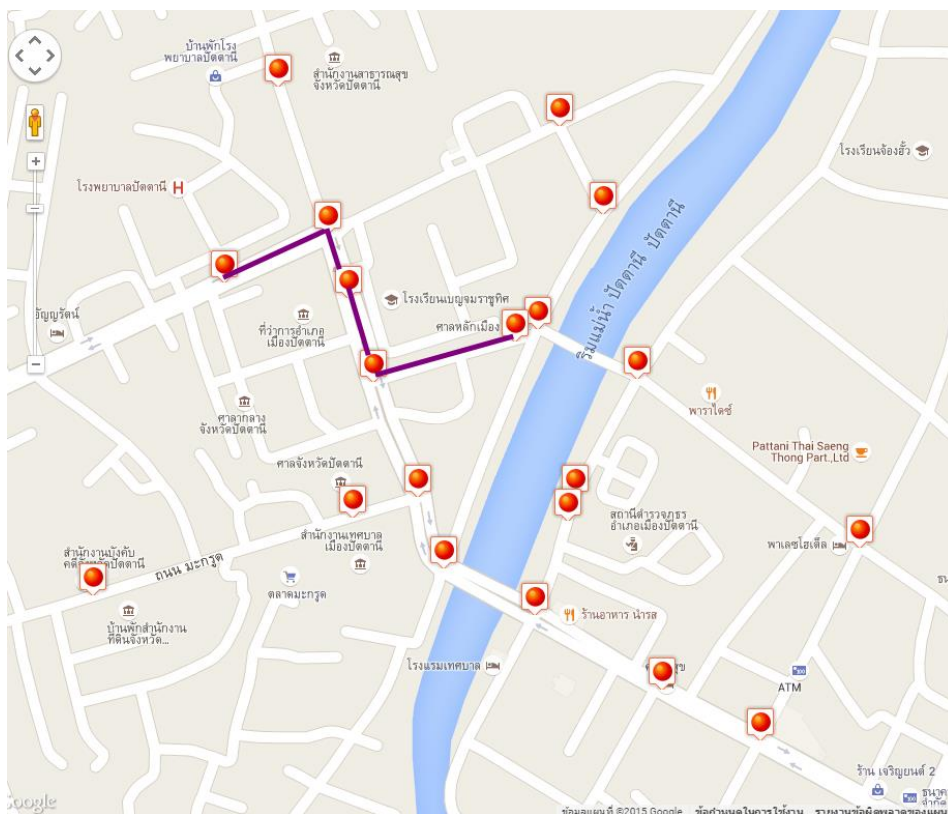
เส้นทางที่	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี	
	เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด	ระบบค้นหาได้
1	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม. ที่ว่าการอำเภอปัตตานี ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม. รวมระยะทาง 0.517 กม.	✓
2	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง สามแยก 0.3 กม. สามแยก ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมืองปัตตานี 0.2 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.014 กม. รวมระยะทาง 0.714 กม.	✓
3	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม. ที่ว่าการอำเภอปัตตานี ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.085 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมือง 0.3 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.014 กม. รวมระยะทาง 0.756 กม.	X

ตารางที่ 4-4 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางการทดสอบครั้งที่ 1 (ต่อ)

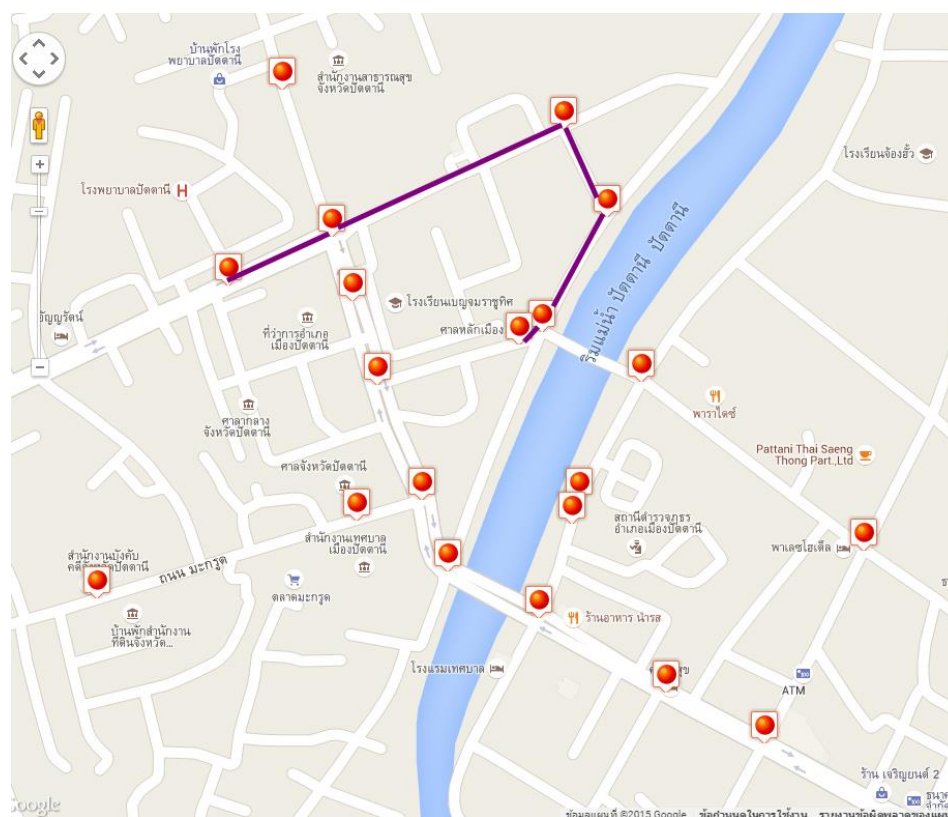
เส้นทาง ที่	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี	
	เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด	ระบบค้นหาได้
4	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม. ที่ว่าการอำเภอปัตตานี ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.085 กม. สามแยก ถึง สี่แยกไประษณีย์ 0.1 กม. สี่แยกไประษณีย์ ถึง งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.1 กม. งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ ถึง ทางโค้ง 0.017 กม. ทางโค้ง ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมือง 0.1 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.014 กม. รวมระยะทาง 0.873 กม.	✓
5	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม. ที่ว่าการอำเภอปัตตานี ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.085 กม. สามแยก ถึง สี่แยกไประษณีย์ 0.1 กม. สี่แยกไประษณีย์ ถึง ศาลติสุขปัตตานี 0.2 กม. ศาลติสุขปัตตานี ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง สี่แยก 0.3 กม. สี่แยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมือง 0.1 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.014 กม. รวมระยะทาง 1.356 กม.	✓

ตารางที่ 4-4 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางการทดสอบครั้งที่ 1 (ต่อ)

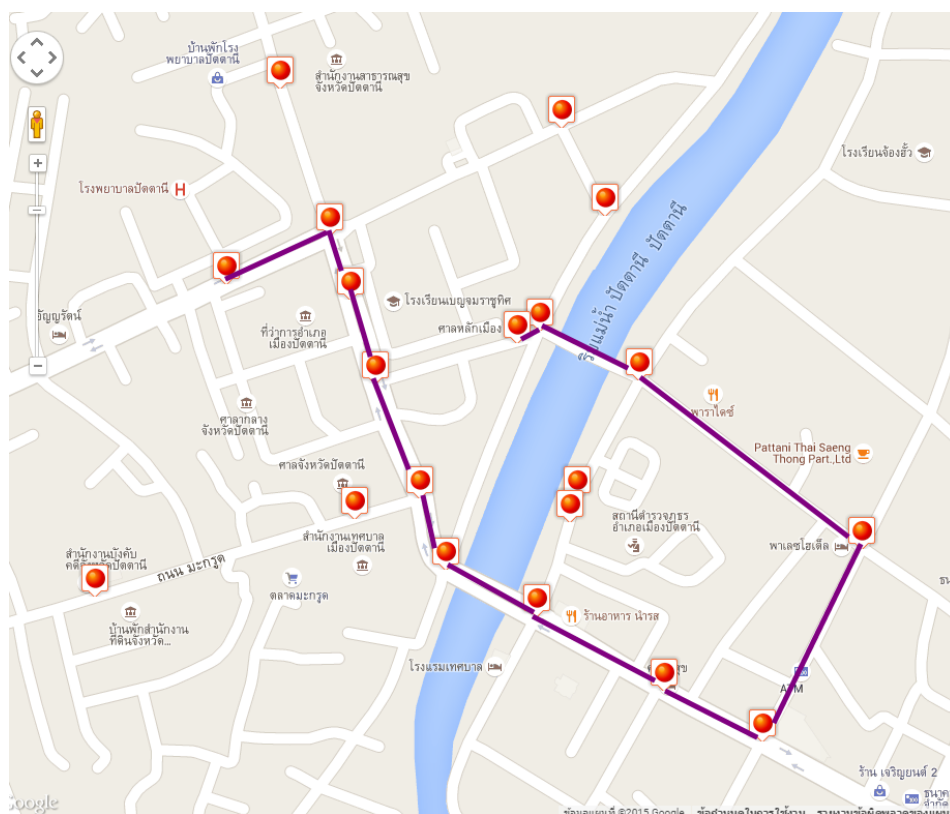
เส้นทาง ที่	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี	
	เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด	ระบบค้นหาได้
6	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง สามแยก 0.3 กม. สามแยก ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง ทางโค้ง 0.1 กม. ทางโค้ง ถึง งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.017 กม. งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ ถึง สี่แยกไประณีย์ 0.1 กม. สี่แยกไประณีย์ ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม. รวมระยะทาง 1.562 กม.	✓
7	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง สามแยก 0.3 กม. สามแยก ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมืองปัตตานี 0.2 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง สี่แยก 0.3 กม. สี่แยก ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง ศาลติสุขปัตตานี 0.1 กม. ศาลติสุขปัตตานี ถึง สี่แยกไประณีย์ 0.2 กม. สี่แยกไประณีย์ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม. รวมระยะทาง 2.045 กม.	✓



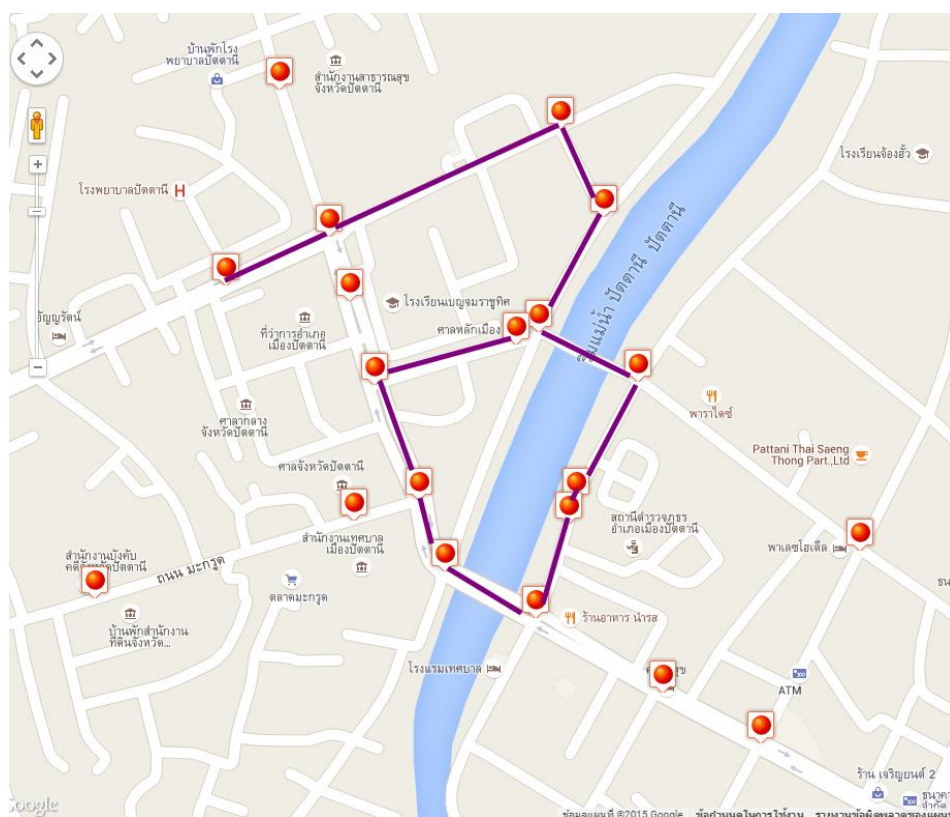
ภาพที่ 4-3 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 1



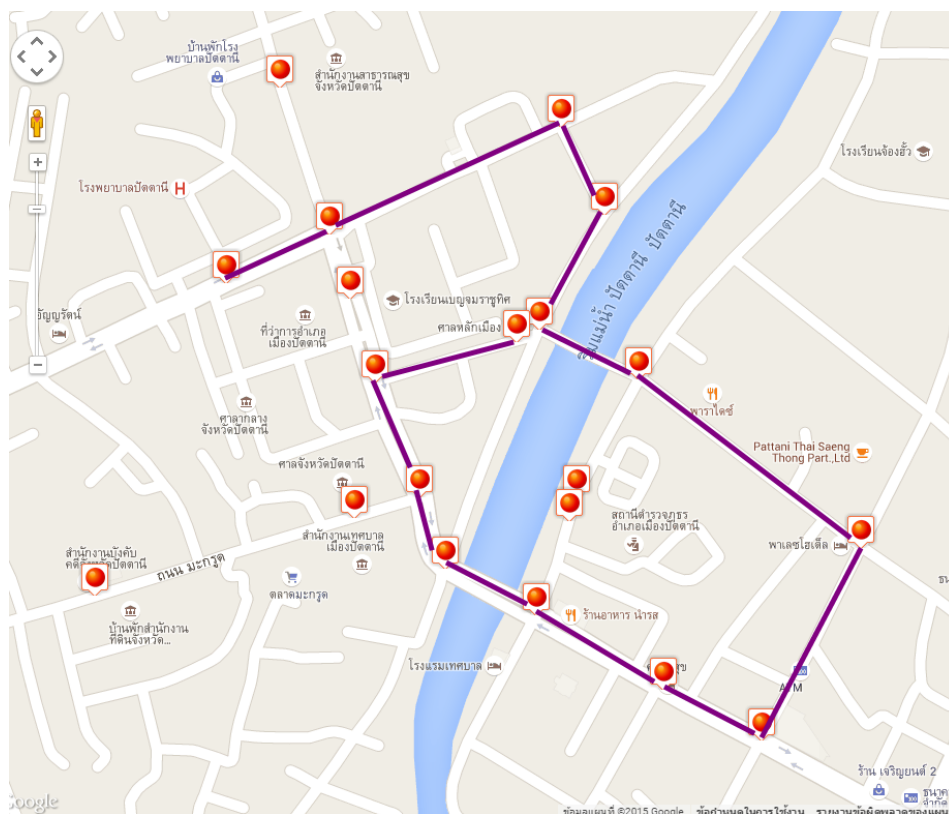
ภาพที่ 4-4 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 2



ภาพที่ 4-7 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 5



ภาพที่ 4-8 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 6



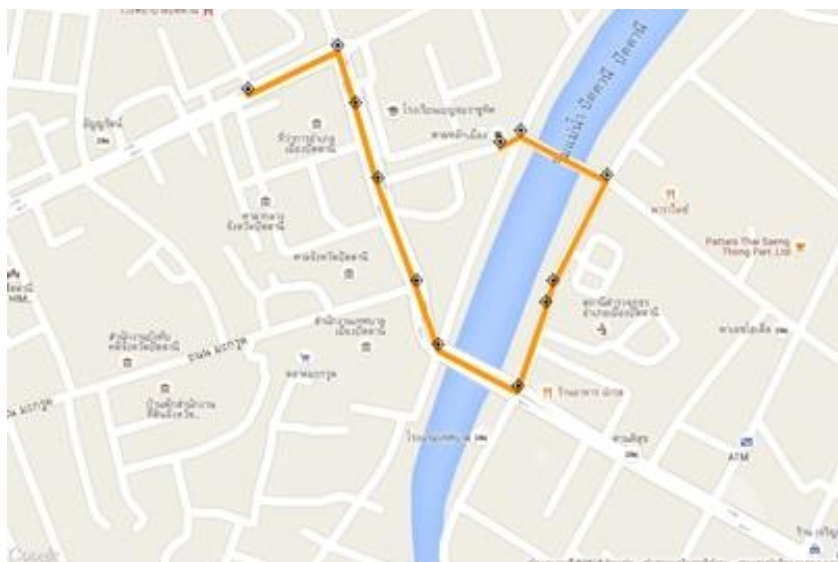
ภาพที่ 4-9 ทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 7



ภาพที่ 4-10 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 1



ภาพที่ 4-11 ค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 2

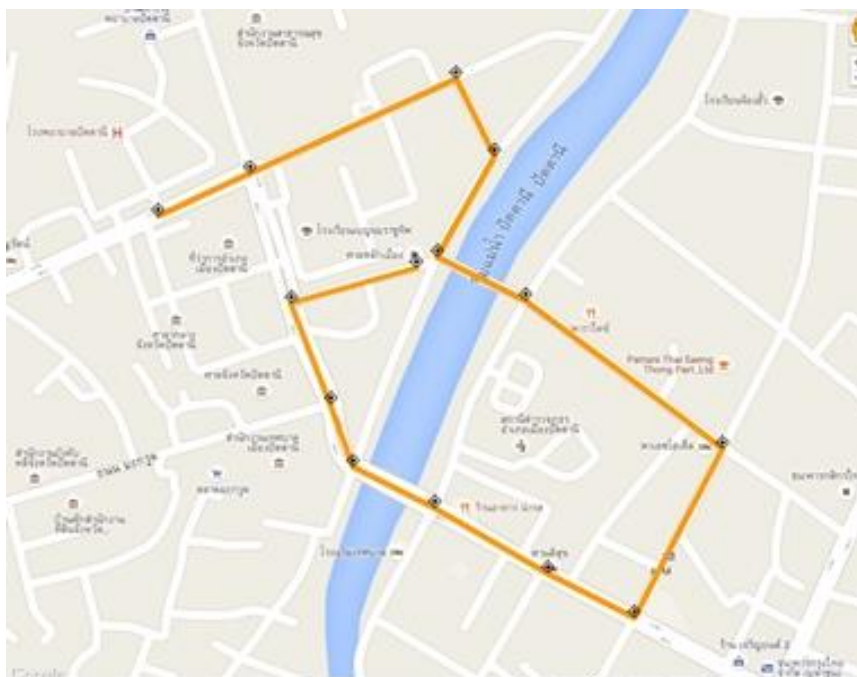


โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
 ที่ว่าการอำเภอปัตตานี - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.085 กม.
 สามแยก - สี่แยกไประษณีย์ 0.1 กม.
 สี่แยกไประษณีย์ - งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.1 กม.
 งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ - ทางโค้ง 0.017 กม.
 ทางโค้ง - สี่แยก 0.1 กม.
 สี่แยก - สี่แยกศาลหลักเมือง 0.1 กม.
 สี่แยกศาลหลักเมือง - ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.014 กม.
 รวมระยะทาง 0.873 กิโลเมตร

ภาพที่ 4-12 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 3



ภาพที่ 4-14 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 5



โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.

สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สามแยก 0.3 กม.

สามแยก - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม.

สี่แยกศาลหลักเมือง - สี่แยก 0.1 กม.

สี่แยก - สี่แยก 0.3 กม.

สี่แยก - สี่แยก 0.1 กม.

สี่แยก - ศาลาสุขปัตตานี 0.1 กม.

ศาลาสุขปัตตานี - สี่แยกไประษฏีย์ 0.2 กม.

สี่แยกไประษฏีย์ - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - สามแยกถนนมะรุุด 0.085 กม.

สามแยกถนนมะรุุด - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม.

รวมระยะทาง 2.045 กิโลเมตร

ภาพที่ 4-15 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 1 เส้นทางที่ 5

การทดสอบกรณีที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากโรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี มีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคือที่ว่าการอำเภอปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด พบว่ามี 3 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-5 รวมทั้งสามารถตรวจสอบรายละเอียดเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดและเส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาได้ดังตารางที่ 4-6 เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแสดงได้ดังภาพที่ 4-16 ถึงภาพที่ 4-18 และเส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 3 เส้นทาง ดังภาพที่ 4-19 ถึงภาพที่ 4-21

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 2

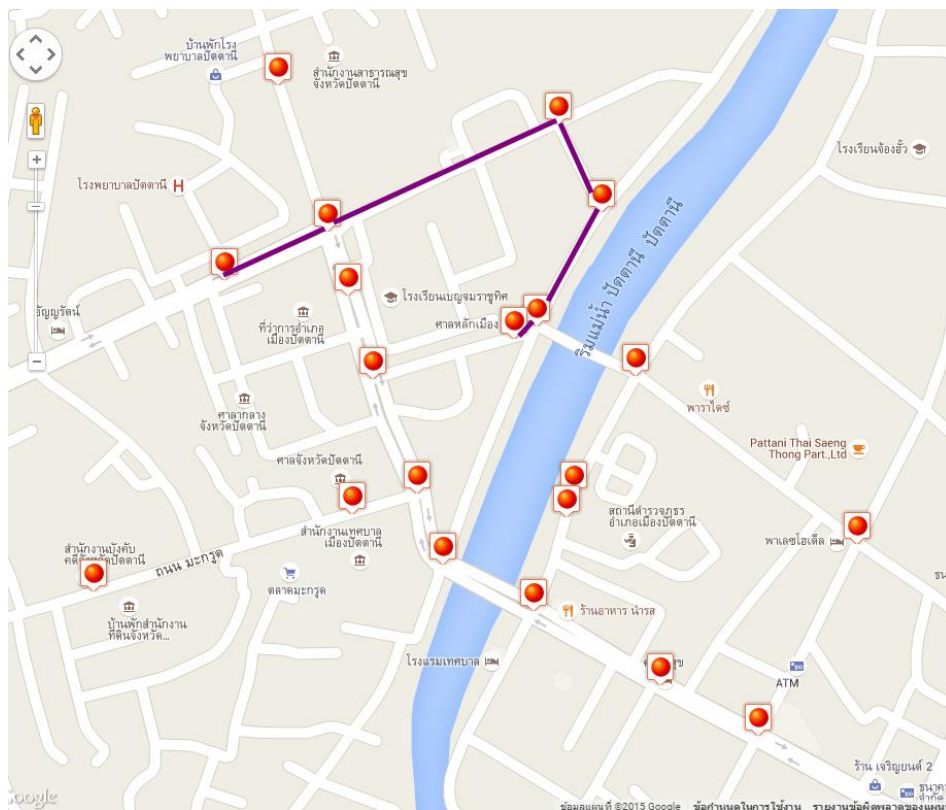
ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
2	3	0	0	$\frac{3}{3+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{3}{3+0} \times 100 = 100\%$

ตารางที่ 4-6 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางทดสอบกรณีที่ 2

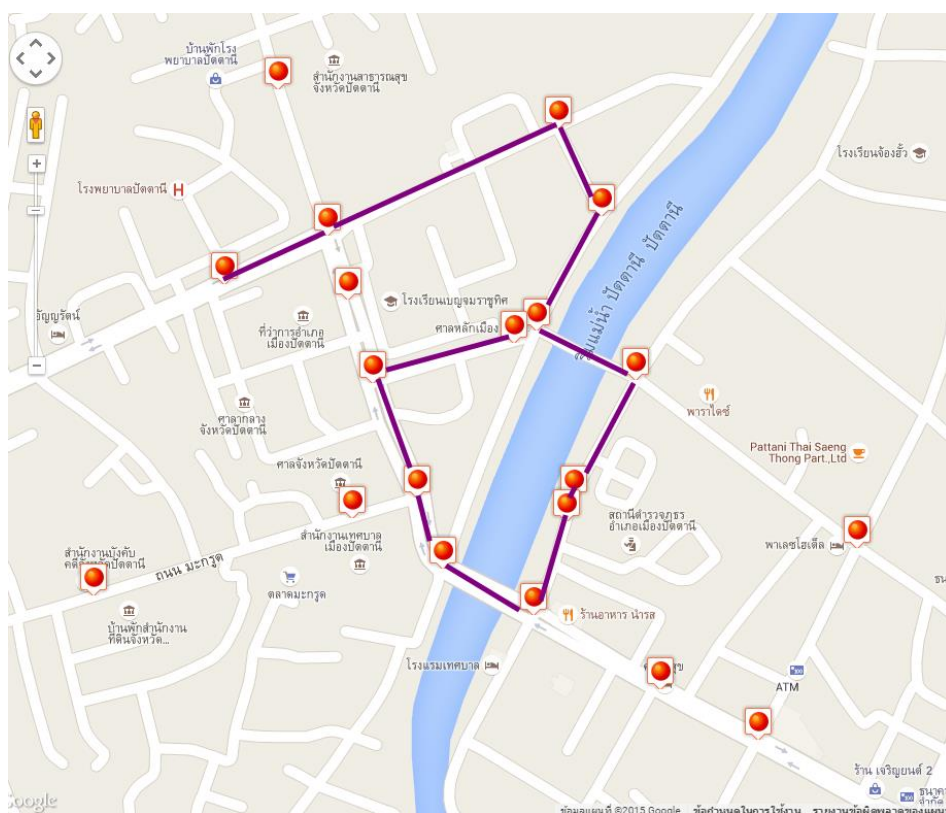
เส้นทาง ที่	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี ระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านที่ว่าการอำเภอปัตตานี	
	เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด	ระบบค้นหาได้
1	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง สามแยก 0.3 กม. สามแยก ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมืองปัตตานี 0.2 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.014 กม. รวมระยะทาง 0.714 กม.	✓
2	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง สามแยก 0.3 กม. สามแยก ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง ทางโค้ง 0.1 กม. ทางโค้ง ถึง งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.017 กม. งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ ถึง สี่แยกไประษณีย์ 0.1กม. สี่แยกไประษณีย์ ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.1 กม.	✓

ตารางที่ 4-6 รายละเอียดข้อมูลเส้นทางการทดสอบครั้งที่ 2 (ต่อ)

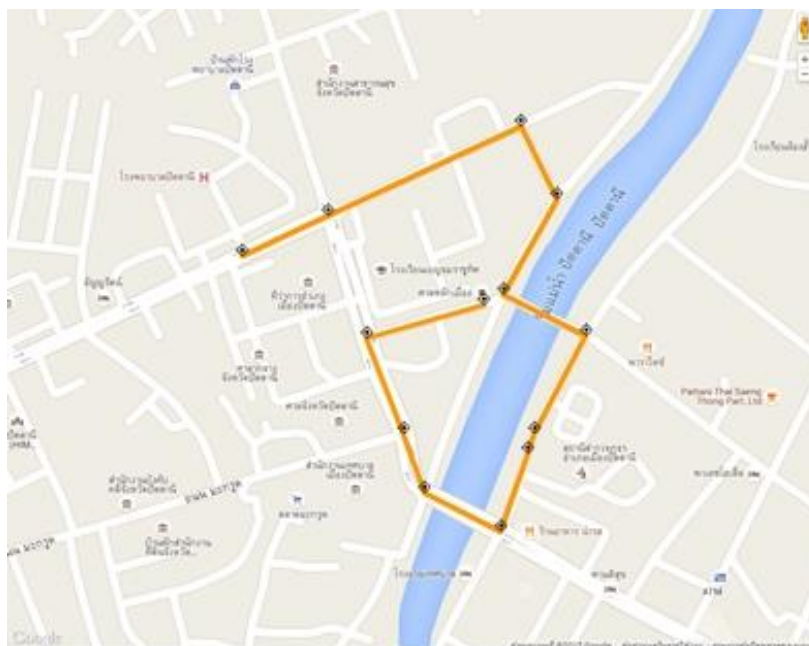
เส้นทาง ที่	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองจังหวัดปัตตานี ระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านที่ว่าการอำเภอปัตตานี	
	เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด	ระบบค้นหาได้
2	สามแยก ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม. รวมระยะทาง 1.562 กม.	
3	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี ถึง สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม. สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี ถึง สามแยก 0.3 กม. สามแยก ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สี่แยกศาลหลักเมืองปัตตานี 0.2 กม. สี่แยกศาลหลักเมือง ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง สี่แยก 0.3 กม. สี่แยก ถึง สี่แยก 0.1 กม. สี่แยก ถึง ศาลติสุขปัตตานี 0.1 กม. ศาลติสุขปัตตานี ถึง สี่แยกไปรษณีย์ 0.2 กม. สี่แยกไปรษณีย์ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม. สามแยกถนนมะกรูด ถึง สามแยก 0.1 กม. สามแยก ถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม. รวมระยะทาง 2.045 กม.	✓



ภาพที่ 4-16 ทดสอบกรณีที่ 2 เส้นทางที่ 1

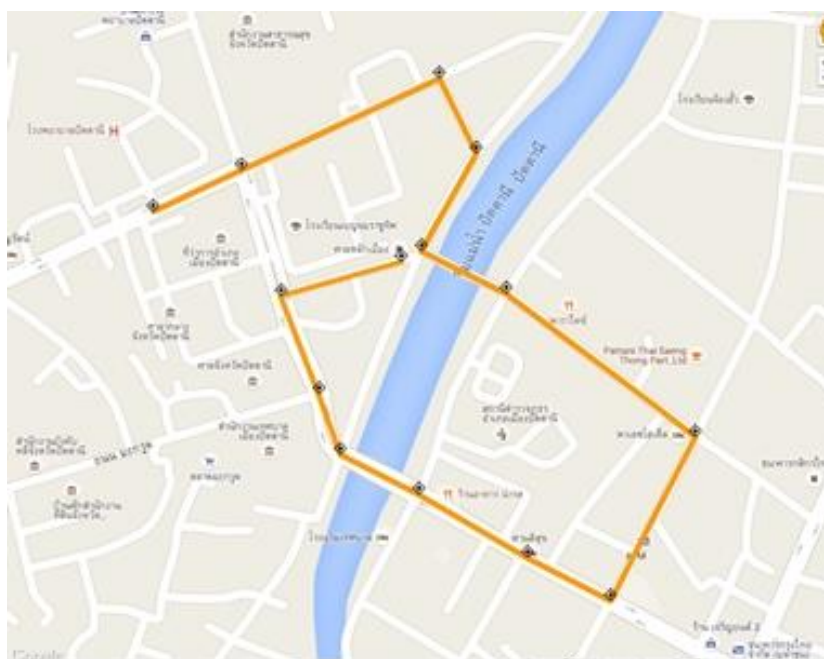


ภาพที่ 4-17 ทดสอบกรณีที่ 2 เส้นทางที่ 2



โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สามแยก 0.3 กม.
 สามแยก - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม.
 สี่แยกศาลหลักเมือง - สี่แยก 0.1 กม.
 สี่แยก - ทางโค้ง 0.1 กม.
 ทางโค้ง - งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.017 กม.
 งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ - สี่แยกไพรชณีย์ 0.1 กม.
 สี่แยกไพรชณีย์ - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม.
 รวมระยะทาง 1.562 กิโลเมตร

ภาพที่ 4-20 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 2 เส้นทางที่ 2



โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.

สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สามแยก 0.3 กม.

สามแยก - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม.

สี่แยกศาลหลักเมือง - สี่แยก 0.1 กม.

สี่แยก - สี่แยก 0.3 กม.

สี่แยก - สี่แยก 0.1 กม.

สี่แยก - คานดิสุขปัตตานี 0.1 กม.

คานดิสุขปัตตานี - สี่แยกไประษณีย์ 0.2 กม.

สี่แยกไประษณีย์ - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม.

สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - ศาลหลักเมืองปัตตานี 0.26 กม.

รวมระยะทาง 2.045 กิโลเมตร

ภาพที่ 4-21 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 2 เส้นทางที่ 3

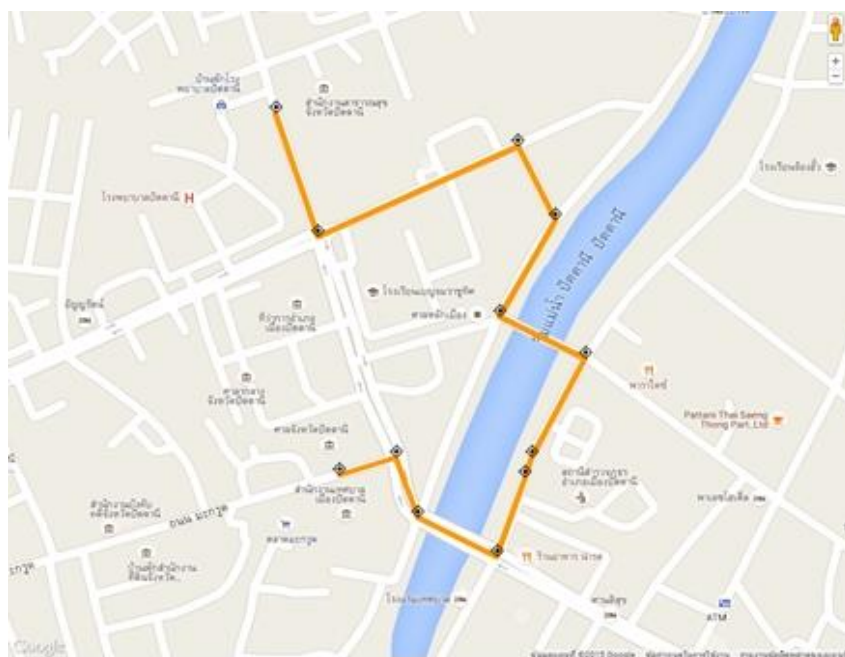
จากการทดสอบกรณีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากสหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานีถึง สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดพบว่า 8 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-7 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 6 เส้นทาง ดังภาพที่ 4-22 ถึงภาพที่ 4-27

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 3

ทดสอบกรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
3	6	0	2	$\frac{6}{6+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{6}{6+2} \times 100 = 75\%$



ภาพที่ 4-22 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 3 เส้นทางที่ 1



สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สามแยก 0.3 กม.
 สามแยก - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม.
 สี่แยกศาลหลักเมือง - สี่แยก 0.1 กม.
 สี่แยก - ทางโค้ง 0.1 กม.
 ทางโค้ง - งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.017 กม.
 งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ - สี่แยกไพบรณีย์ 0.1 กม.
 สี่แยกไพบรณีย์ - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.079 กม.
 รวมระยะทาง 1.381 กิโลเมตร

ภาพที่ 4-25 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 3 เส้นทางที่ 4



ภาพที่ 4-26 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 3 เส้นทางที่ 5

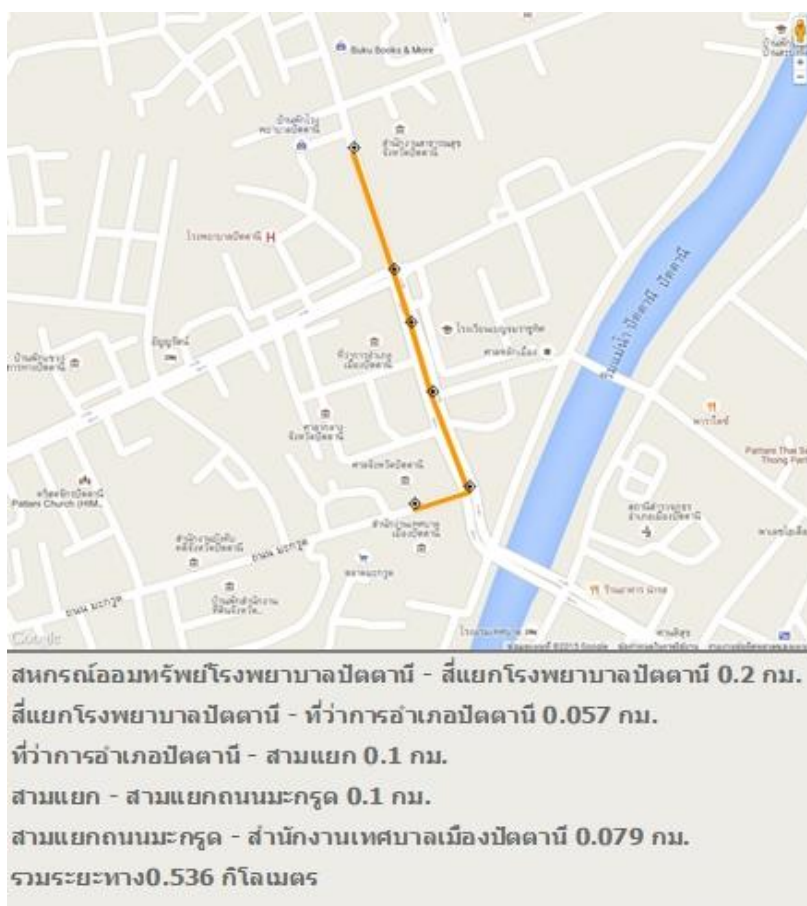


ภาพที่ 4-27 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 3 เส้นทางที่ 6

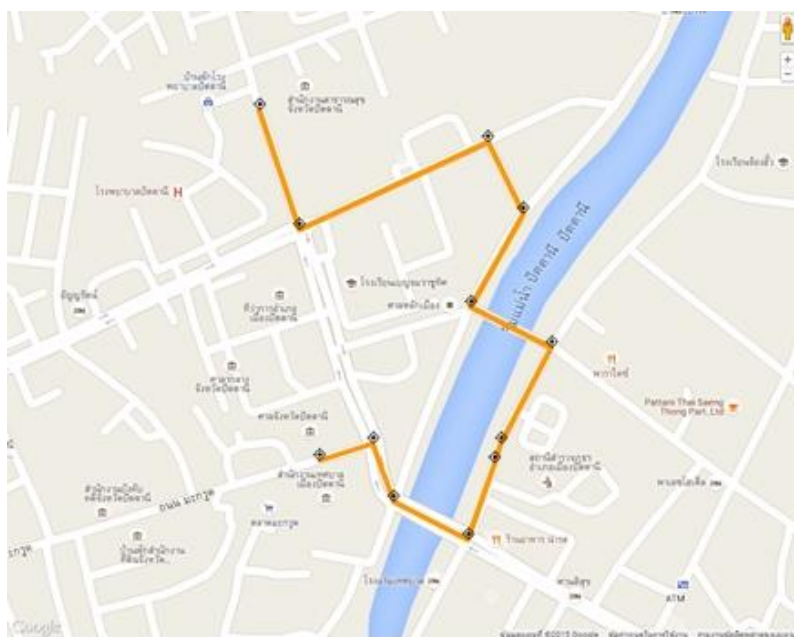
จากการทดสอบกรณีที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากสหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานีถึง สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี มีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคือ ศาลหลักเมืองปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดพบว่ามี 4 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-8 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหามีทั้งหมด 3 เส้นทาง ดังภาพที่ 4-28 ถึงภาพที่ 4-30

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 4

ทดสอบกรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าระลึกลับ
4	3	0	1	$\frac{3}{3+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{3}{3+1} \times 100 = 75\%$



ภาพที่ 4-28 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 4 เส้นทางที่ 1



สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สามแยก 0.3 กม.
 สามแยก - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สี่แยกศาลหลักเมือง 0.2 กม.
 สี่แยกศาลหลักเมือง - สี่แยก 0.1 กม.
 สี่แยก - ทางโค้ง 0.1 กม.
 ทางโค้ง - งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ 0.017 กม.
 งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ - สี่แยกไประมณีย์ 0.1 กม.
 สี่แยกไประมณีย์ - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.085 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.079 กม.
 รวมระยะทาง 1.381 กิโลเมตร

ภาพที่ 4-29 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 4 เส้นทางที่ 2

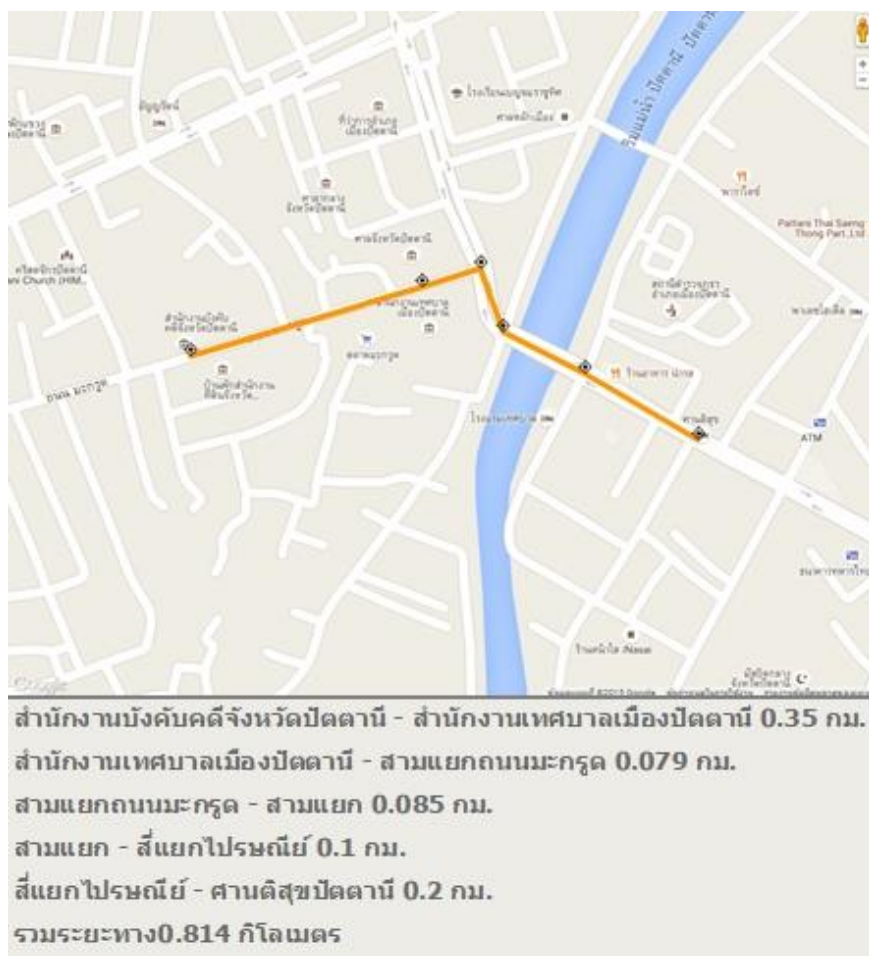


ภาพที่ 4-30 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 4 เส้นทางที่ 3

จากการทดสอบกรณีที่ 5 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากสำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานีถึง ศาลตีสุขปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดพบว่ามี 9 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4-9 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 6 เส้นทางดังภาพที่ 4-31 ถึงภาพที่ 4-36

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 5

ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
5	6	0	3	$\frac{6}{6+6} \times 100 = 100\%$	$\frac{6}{6+3} \times 100 = 66.67\%$



ภาพที่ 4-31 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 5 เส้นทางที่ 1



ภาพที่ 4-33 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 5 เส้นทางที่ 3



ภาพที่ 4-35 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 5 เส้นทางที่ 5



ภาพที่ 4-36 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 5 เส้นทางที่ 6

จากการทดสอบกรณีที่ 6 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากสำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี มีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคือสำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด พบว่ามี 0 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4-10 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 0 เส้นทาง ดังภาพที่ 4-37

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 6

ทดสอบกรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
6	0	0	0	$\frac{0}{0+0} \times 100 = 0\%$	$\frac{0}{0+0} \times 100 = 0\%$



ภาพที่ 4-37 ทดสอบกรณีที่ 6 ไม่พบเส้นทาง

จากการทดสอบทำให้ค่าความแม่นยำและค่าระลึกราคามีค่าเป็น 0 เนื่องจากเส้นทางจากสำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานีถึงศาลหลักเมืองปัตตานี ทุกเส้นทางที่ค้นหาได้ต้องมีการผ่านโฉนดสำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี ซึ่งได้มีการกำหนดข้อมูลห้ามผ่านเป็นสำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี ส่งผลให้ผลลัพธ์ทั้งหมดถูกลบออกทั้งหมด ทำให้ระบบไม่สามารถนำเสนอเส้นทางได้

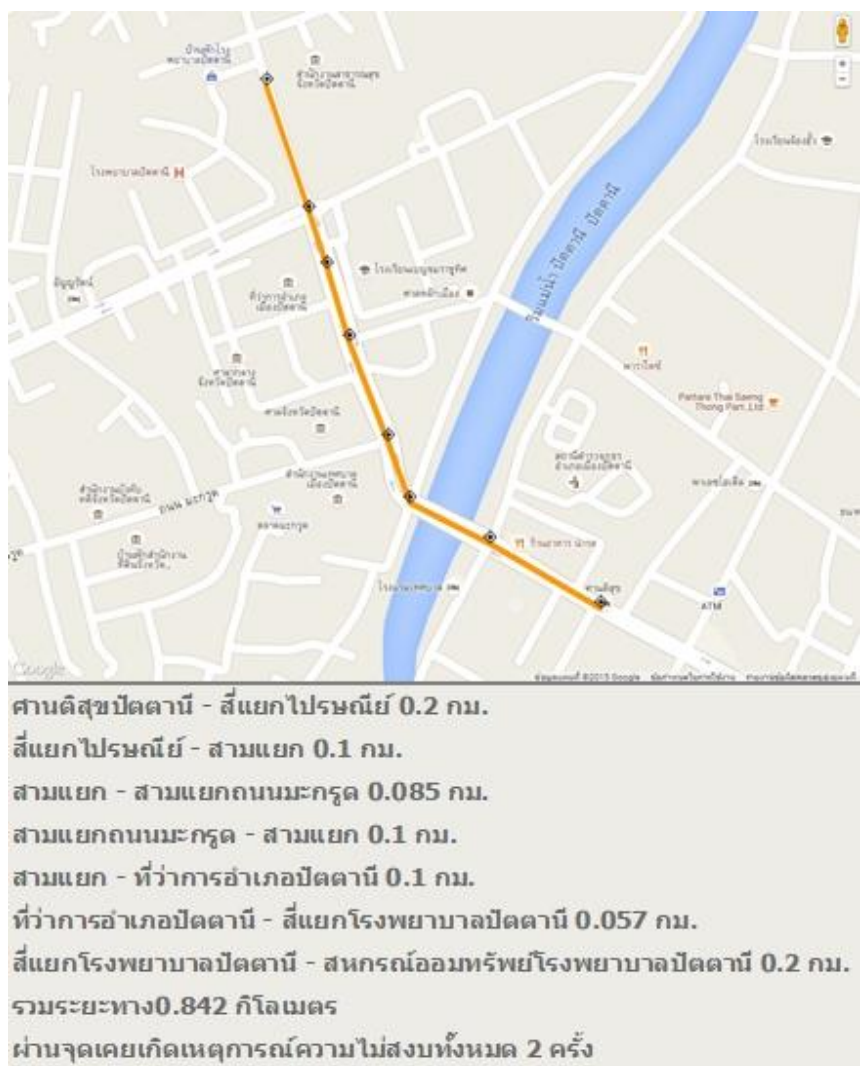
จากการทดสอบครั้งที่ 7 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากศาลติสุขปัตตานีถึงสหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานีมีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางปลอดภัยพบว่ามี 10 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4-11 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 6 เส้นทางดังภาพที่ 4-38 ถึงภาพที่ 4-43

ตารางที่ 4-11 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 7

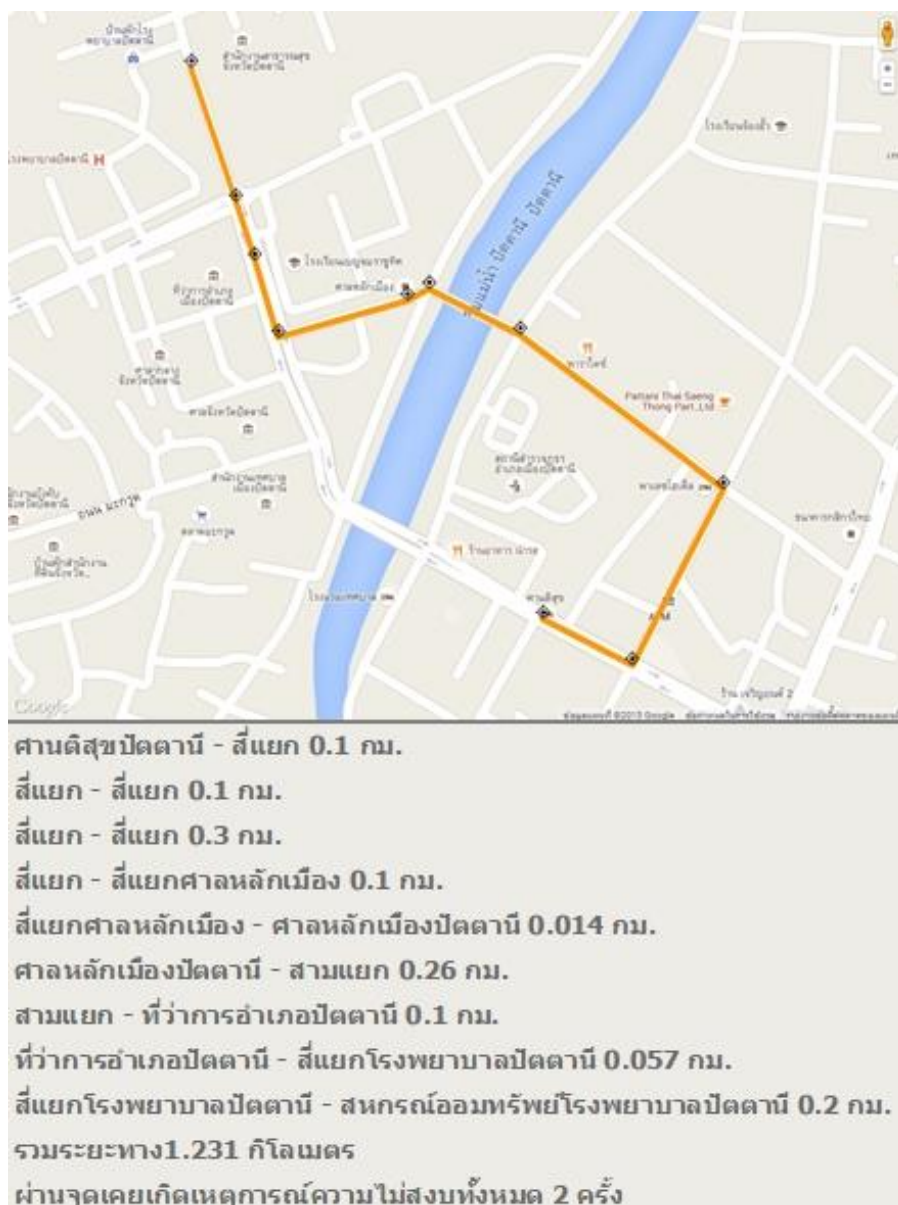
ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าระลึก
7	6	0	4	$\frac{6}{6+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{6}{6+4} \times 100 = 60\%$



ภาพที่ 4-38 ค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณี 7 เส้นทางที่ 1



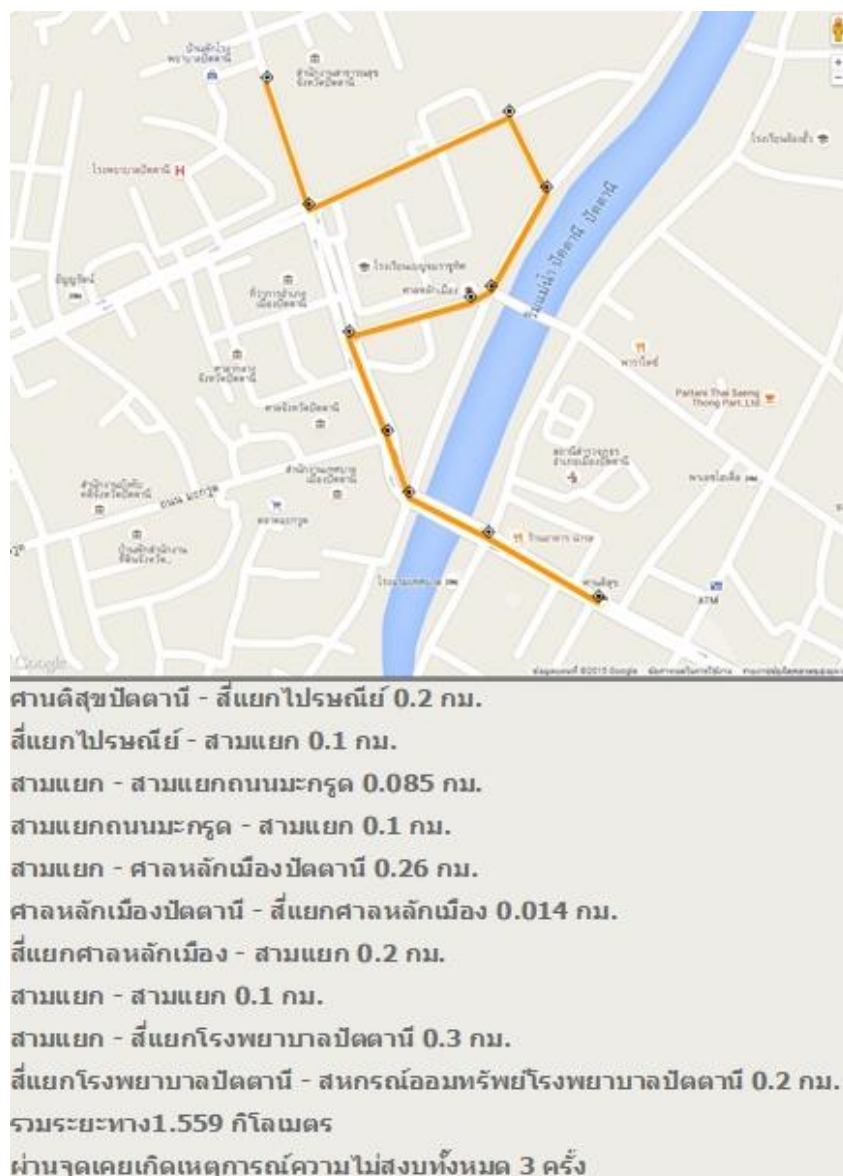
ภาพที่ 4-39 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 2



ภาพที่ 4-40 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 3



ภาพที่ 4-42 ค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 5



ภาพที่ 4-43 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 7 เส้นทางที่ 6

จากการค้นหาเส้นทางจากศาลาดิสุขปิดตานีถึง สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปิดตานีความสำคัญเป็นเส้นทางปลอดภัย ระบบสามารถค้นหาเส้นทางได้แต่เนื่องจากทุกๆเส้นทางได้เคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบ ระบบจะมีการแจ้งข้อมูลจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบสำหรับแต่ละเส้นทาง

จากการทดสอบกรณีที่ 8 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากศาลาดิสุขปิดตานีถึง สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปิดตานี มีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคือที่ว่าการอำเภอปิดตานีมีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางปลอดภัยพบว่ามี 4 เส้นทางที่เป็นไปได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-12 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 3 เส้นทางดังภาพที่ 4-44 ถึงภาพที่ 4-46

ตารางที่ 4-12 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 8

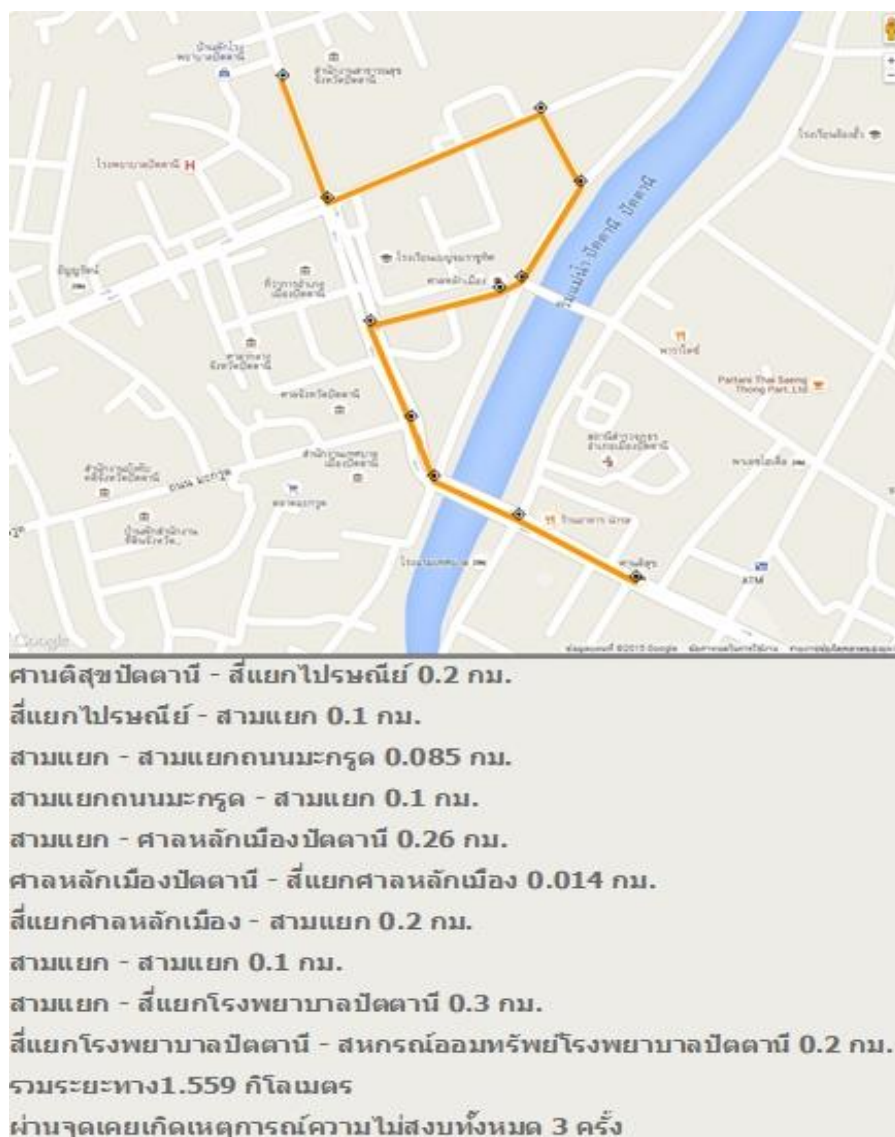
ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าระลึก
8	3	0	1	$\frac{3}{3+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{3}{3+1} \times 100 = 75\%$



ภาพที่ 4-44 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 8 เส้นทางที่ 1



ภาพที่ 4-45 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 8 เส้นทางที่ 2



ภาพที่ 4-46 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 8 เส้นทางที่ 3

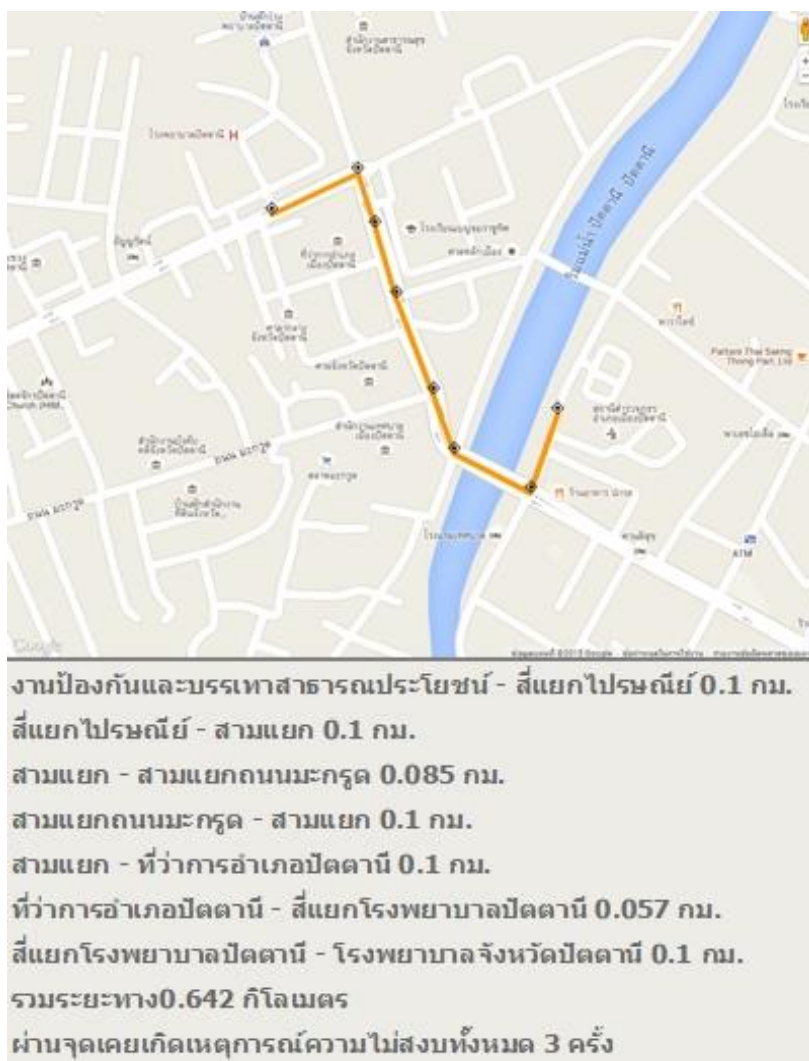
จากการทดสอบกรณีที่ 9 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากงานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ ถึง โรงพยาบาลปัตตานีมีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางปลอดภัยพบว่ามี 10 เส้นทางที่เป็นไปได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-13 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 5 เส้นทางดังภาพที่ 4-47 ถึงภาพที่ 4-51

ตารางที่ 4-13 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 9

ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
9	5	0	5	$\frac{5}{5+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{5}{5+5} \times 100 = 50\%$



ภาพที่ 4-47 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 1



ภาพที่ 4-48 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 2



ภาพที่ 4-49 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 3



ภาพที่ 4-50 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 4



ภาพที่ 4-51 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 9 เส้นทางที่ 5

จากการทดสอบกรณีที่ 10 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากสำนักงานบังคับคดีจังหวัดปัตตานีถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี มีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคือสำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดพบว่ามี 0 เส้นทางที่เป็นไปได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-14 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 0 เส้นทางดังภาพที่ 4-52

ตารางที่ 4-14 ข้อมูลการทดสอบกรณีที่ 10

ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าเฉลี่ย
10	0	0	0	$\frac{0}{0+0} \times 100 = 0\%$	$\frac{0}{0+0} \times 100 = 0\%$



ภาพที่ 4-52 ทดสอบกรณี 10 ไม่พบเส้นทาง

จากการทดสอบที่ทำให้ค่า ความแม่นยำและค่า ค่าระลึกราคามีค่าเป็น 0 เนื่องจากเส้นทางจากสำนักงาน บังคับคดีจังหวัดปัตตานีถึง ศาลหลักเมืองปัตตานี ทุกเส้นทางที่ค้นหาได้ต้องมีการผ่านโหนดสำนักงาน เทศบาลเมืองปัตตานี ซึ่งได้มีการกำหนดข้อมูลห้ามผ่านเป็นสำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี ส่งผลให้ผลลัพธ์ ทั้งหมดถูกลบออกทั้งหมด ทำให้ระบบไม่สามารถนำเสนอเส้นทางได้

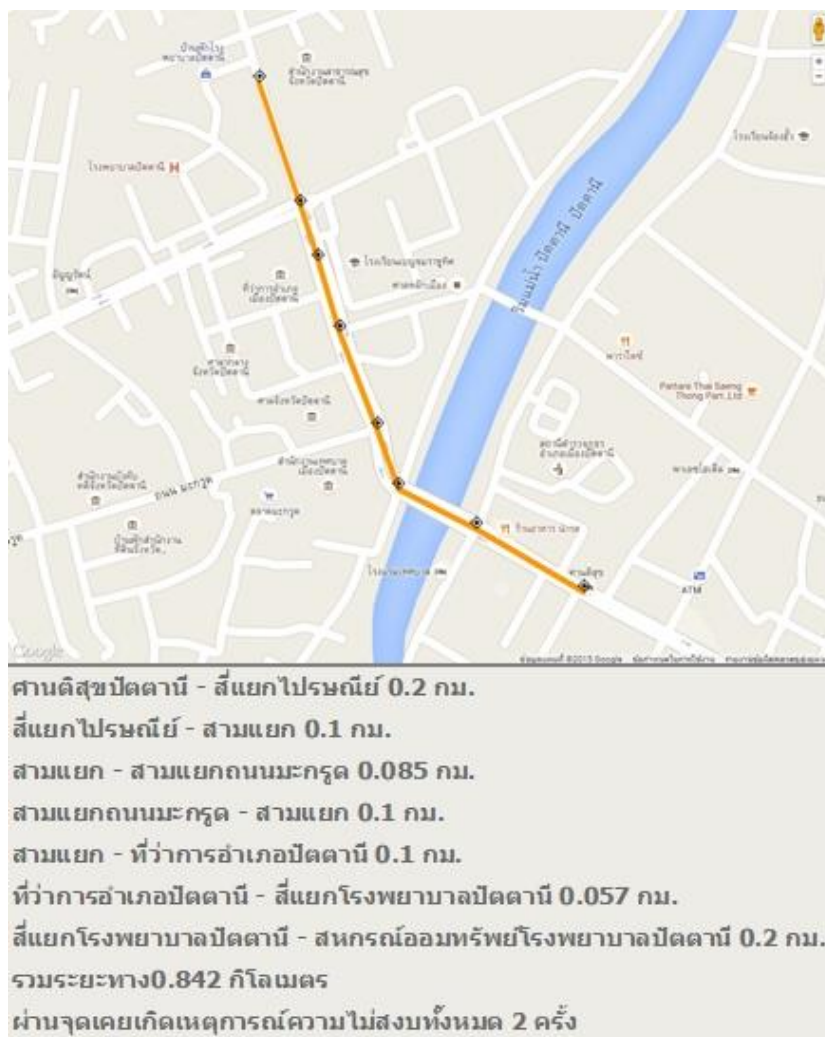
จากการทดสอบกรณีที่ 11 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากศาลติสุข ปัตตานีถึงสหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี มีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคืองานป้องกันและ บรรเทาสาธารณประโยชน์ มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางปลอดภัยพบว่ามี 5 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-15 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหามีทั้งหมด 4 เส้นทางดังภาพที่ 4-53 ถึงภาพที่ 4-56

ตารางที่ 4-15 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 11

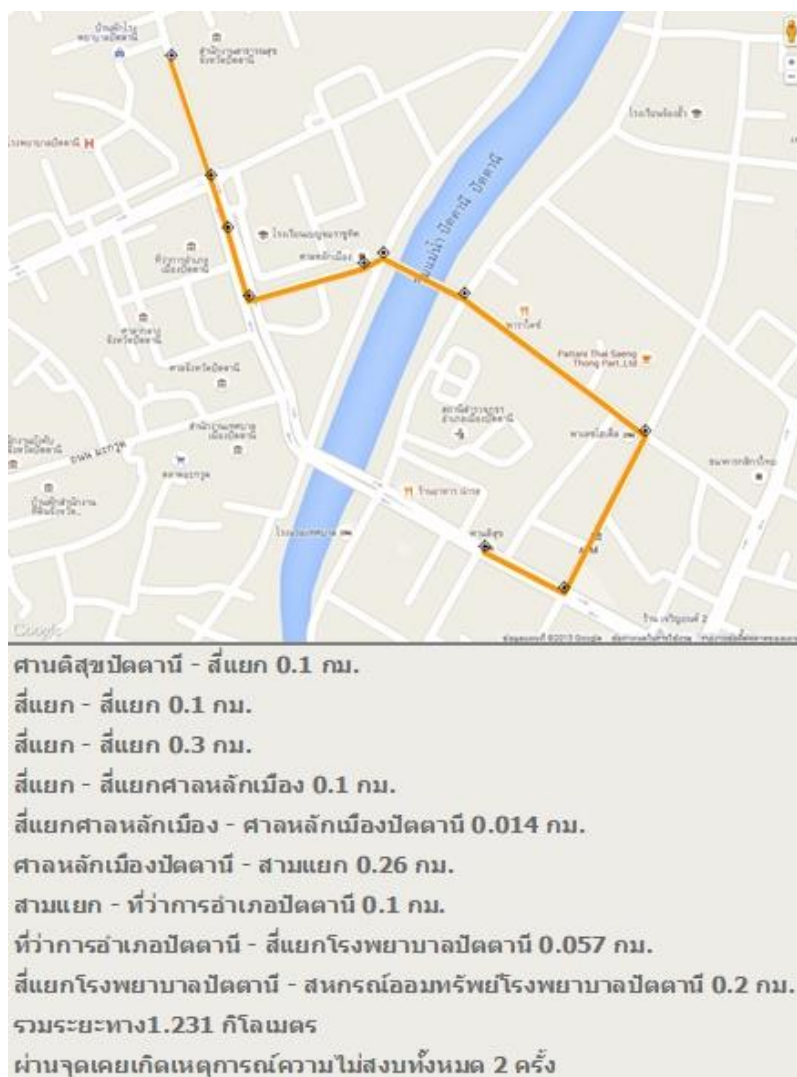
ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าระลึก
11	4	0	1	$\frac{4}{4 + 0} \times 100 = 100\%$	$\frac{4}{4 + 1} \times 100 = 80\%$



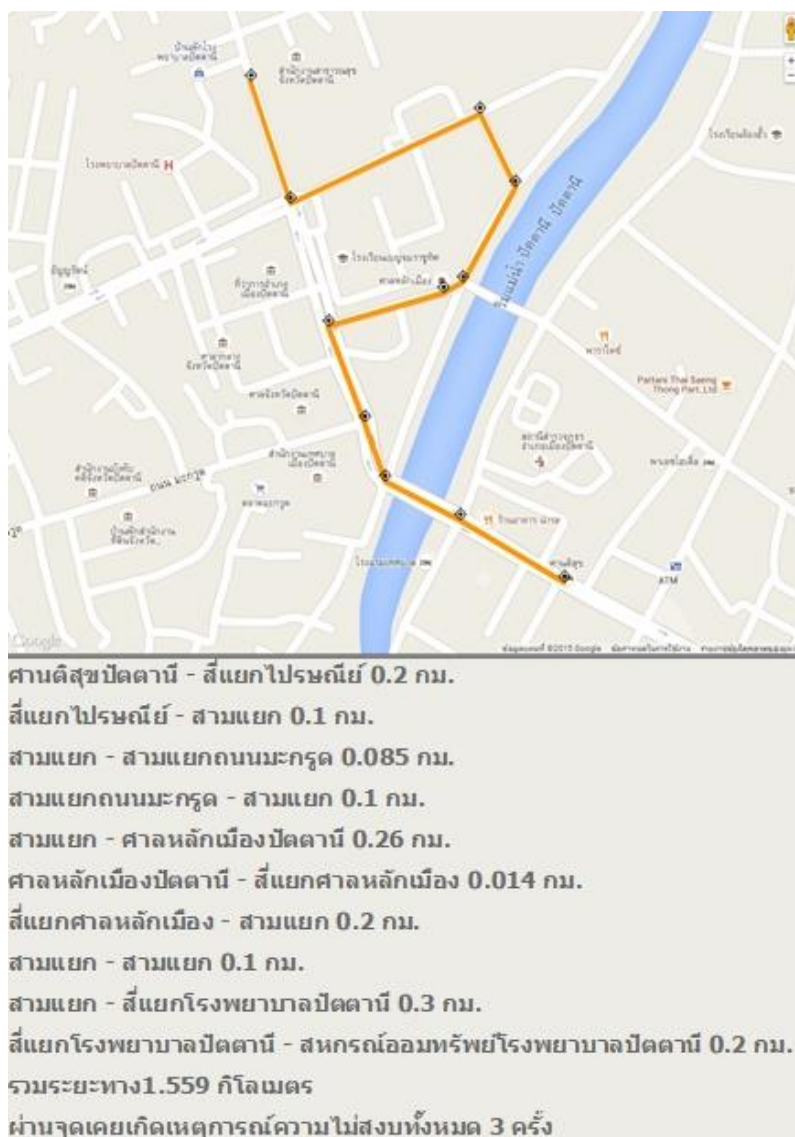
ภาพที่ 4-53 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 1



ภาพที่ 4-54 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 2



ภาพที่ 4-55 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 3



ภาพที่ 4-56 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 11 เส้นทางที่ 4

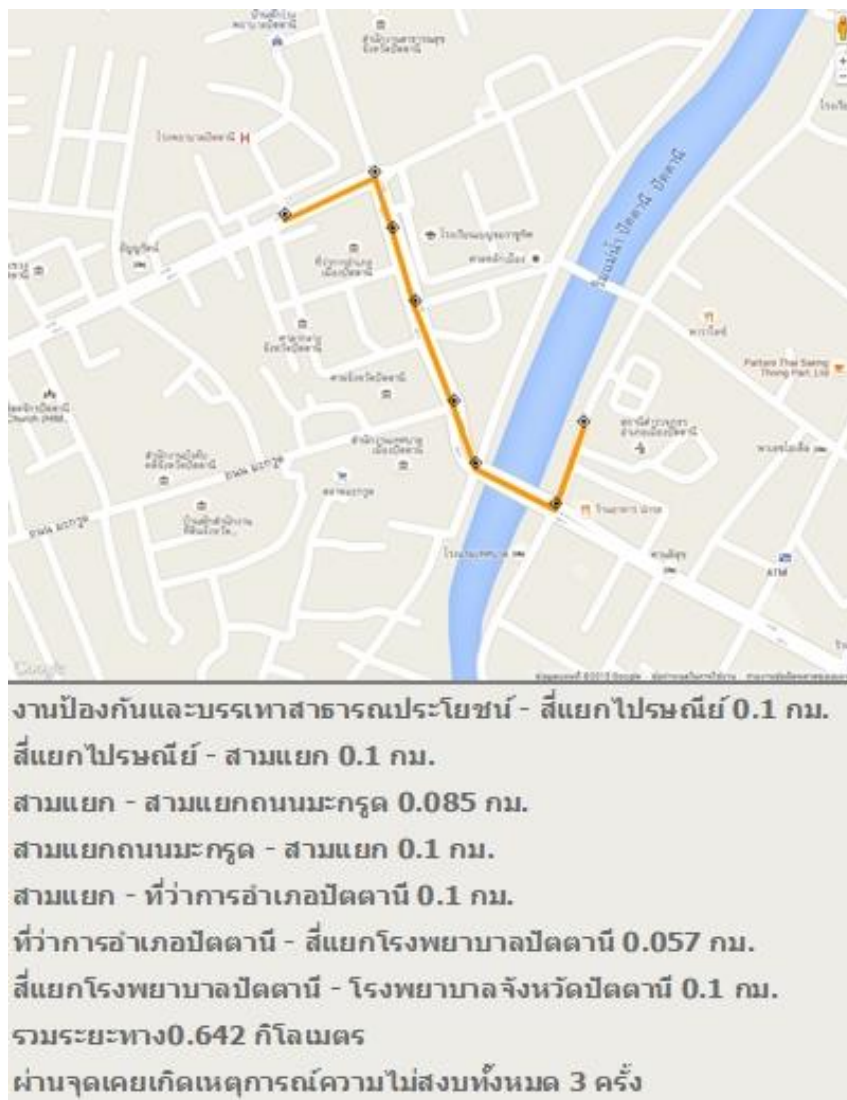
จากการทดสอบกรณีที่ 12 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้จากงานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์ ถึง โรงพยาบาลปิดตานีมีการระบุเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านคือศาลหลักเมืองปิดตานี มีการเลือกความสำคัญเป็นเส้นทางปลอดภัยพบว่ามี 5 เส้นทางที่เป็นไปได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-16 เส้นทางที่ระบบสามารถค้นหาทั้งหมด 4 เส้นทางดังภาพที่ 4-57 ถึงภาพที่ 4-60

ตารางที่ 4-16 ข้อมูลผลการทดสอบกรณีที่ 12

ทดสอบ กรณีที่	TP	FP	FN	ความแม่นยำ	ค่าระลึก
12	4	0	1	$\frac{4}{4+0} \times 100 = 100\%$	$\frac{4}{4+1} \times 100 = 80\%$



ภาพที่ 4-57 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 1



ภาพที่ 4-58 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 2



ภาพที่ 4-60 ระบบค้นหาเส้นทางได้สำหรับการทดสอบกรณีที่ 12 เส้นทางที่ 4

จากการทดสอบระบบจำนวน 12 กรณี ค่าเฉลี่ยของค่าความแม่นยำมีค่าเท่ากับ 83% และค่าเฉลี่ยของค่าระลึกรมีค่าเท่ากับ 62.28 %

2. การทดสอบ : ทดสอบเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ของระบบ

- วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ
- ข้อมูลแบบทดสอบดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 แบบทดสอบ

รายการทดสอบ	เกณฑ์การประเมิน				
	5	4	3	2	1
1. ระบบมีความครบถ้วนสมบูรณ์ของรายละเอียดชั้นข้อมูลเชิงบรรยาย					
2. ระบบสามารถค้นหาเส้นทาง					
3. ระบบมีความยืดหยุ่นในการค้นหาเส้นทาง					
4. ระบบมีความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ					
5. ระบบสามารถนำเสนอข้อมูล					
6. ระบบใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน					
7. ความน่าเชื่อถือ/ความถูกต้องของข้อมูล					

— เกณฑ์การทดสอบ

เกณฑ์กำหนดตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ซึ่งประกอบด้วยมาตรอันดับเชิงคุณภาพ 5 ระดับ และมาตรอันดับเชิงปริมาณ 5 ระดับ ด้วยกัน โดยจะให้คะแนนในแต่ละข้อตามความเหมาะสมซึ่งมีลำดับตามความหมายของคะแนน ดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความพึงพอใจตามวิธีประมาณค่าของลิเคิร์ต

เกณฑ์เชิงปริมาณการให้คะแนน	ความหมายเชิงคุณภาพ
5	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับดีมาก
4	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับดี
3	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับปานกลาง
2	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับพอใช้
1	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับน้อย

ตารางที่ 4-19 เกณฑ์การกำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินตามวิธีประมาณค่าลิเคิร์ต

เกณฑ์เชิงปริมาณการให้คะแนน	ความหมายเชิงคุณภาพ
4.51 - 5.00	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับดีมาก
3.51 - 4.50	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับดี
2.51 - 3.50	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับปานกลาง
1.51 - 2.50	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับพอใช้
1.00 - 1.50	ระบบสามารถตอบสนองความต้องการในด้านนั้น ๆ ได้ในระดับน้อย

เมื่อผู้ทำแบบประเมินทำการประเมินเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำ แบบประเมินนั้นมาทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติโดยใช้การคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการทดสอบ เพื่อสรุปผลการประเมินว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับใด ซึ่งหลักการทางสถิติที่ใช้มีดังนี้

1. ค่าตัวกลางเลขคณิต (Arithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean)

จากสูตร
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล

N คือ จำนวนทั้งหมดของข้อมูล

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D. = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}{N - 1}$$

จากสูตร

$N - 1$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือ ค่าของคะแนน

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

N คือ จำนวนทั้งหมดของข้อมูล

— กระบวนการทดสอบ

ผู้ทำแบบประเมินทำการทดสอบใช้งานระบบ โดยทดลองใช้งานระบบที่ได้พัฒนาขึ้น และทำแบบประเมินที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อนำผลการประเมินมาทำการหาค่าความพึงพอใจของผู้ใช้

— ผลลัพธ์และการวิเคราะห์

จากกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 15 คน โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของความพึงพอใจในโปรแกรม อยู่ในระดับดี โดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.86 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับที่ดี ดังตารางที่ 3-11

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งระบบได้มีการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและมีการหาจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบบนเส้นทางถนนแต่ละเส้นทาง ซึ่งเหตุการณ์ความไม่สงบเช่น การยิง การวางเพลิง การวางระเบิด ข้อมูลเหตุการณ์ความไม่สงบได้จากฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้ สำหรับกระบวนการที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่ใช้คือขั้นตอนวิธีการระบบมด

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมโดยพัฒนาตามระเบียบวิธีการวิจัยและประเมินผลการวิจัยโดยการประเมินประสิทธิผลซึ่งใช้เกณฑ์การประเมินผลการค้นคืนสารสนเทศเพื่อหาค่าความถูกต้องของข้อมูลและมีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

5.1 สรุปผล

สรุปผลได้ดังนี้จากพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้โดยใช้ขั้นตอนวิธีการระบบมด สามารถค้นหาเส้นทางเพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางได้และมีประสิทธิผลเนื่องจากผลการประเมินประสิทธิผลของการทดสอบค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งปลายทางและกำหนดเงื่อนไข พบว่าผลจากการค้นหาเส้นทางสามารถค้นหาเส้นทางได้ถูกต้องโดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยที่ 83% มีค่าระลอกเฉลี่ยที่ 62.28% และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบอยู่ในระดับดี โดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 และ ผลจากการประเมินมีคะแนนเกาะกลุ่มที่ดี โดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.86 ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทางสามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางในการเดินทางให้กับผู้ใช้ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้

จากการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาทางด้วยขั้นตอนวิธีการระบบมด สามารถนำผลลัพธ์เส้นทางแต่ละเส้นทางมาคำนวณจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบบนเส้นทางโดยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทางที่ผู้ใช้ทำการค้นหามาทำการตรวจสอบจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางซึ่งวิธีการหาจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบในแต่ละเส้นทางโดยคำนวณจากประวัติการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทาง ในกรณีที่เส้นทางทุกเส้นเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบ ระบบจะทำการจัดลำดับการเดินทางที่ผ่านเส้นทางที่เกิดเหตุการณ์ความไม่สงบที่น้อยที่สุดและเมื่อมีการตรวจสอบจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบแล้วผู้วิจัยได้นำข้อมูลโหนดพิคัดในแต่ละเส้นทางมาทำการแสดงผลในรูปแบบข้อมูลเชิงบรรยายและข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งใช้ Google Map API ในการแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดเส้นทางทั้งข้อมูลเชิงบรรยายและข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางสำหรับการเดินทาง

5.2 อภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนวิธีการระบบมด สำหรับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และนำเสนอเส้นทางในรูปแบบแผนที่โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านระบบภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems :GIS) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้คือ Google Map API

การพัฒนาระบบสำหรับการค้นหาเส้นทางโดยใช้ขั้นตอนวิธีการระบบมด สามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้เช่นเดียวกับงานวิจัย จูตินนท์ ศรีสุวรรณดี และ ระพีพันธ์ ปีตาอะโส (2555 : 706 - 714) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้ออกแบบอัลกอริทึมสำหรับค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เพื่อแก้ไขปัญหาการขนส่งน้ำดื่มของบริษัทโดยประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมด และขั้นตอนวิธีการระบบมดสามารถค้นหาเส้นทางได้หลากหลายเส้นทางดังงานวิจัย กิตติเดช วงศ์ศักดิ์ และ เกียรติศักดิ์ โยชะนัง (2553 : 161 - 166) ได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางหลักและเส้นทางรองที่สั้นที่สุด โดยใช้ขั้นตอนวิธีระบบมด ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทาง คือเส้นทางที่สั้นที่สุด 3 เส้นทาง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับงานวิจัย ราชการปริกษาดิ และ สุนันทา สดสี (2551 : 572 - 577) ที่ได้ทำการทดสอบค้นหาเส้นทาง โดยใช้ขั้นตอนวิธีระบบมดเช่นกัน ซึ่งได้ผลลัพธ์ของการค้นหาเส้นทางที่หลากหลายเส้นทางหรือมีผลลัพธ์มากกว่า 1 เส้นทาง

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้มีการให้นำเสนอข้อมูลเส้นทางจากต้นทางไปยังปลายทางเพื่อให้ผู้ใช้เลือกเส้นทางในการเดินทางดังนั้นผลลัพธ์ที่จำเป็นต้องได้จากการค้นหาเส้นทางจะต้องมีมากกว่า 1 เส้นทางและมีเส้นทางที่สั้นที่สุดรวมทั้งหลีกเลี่ยงเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่าน ซึ่งในการค้นหาเส้นทางผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนวิธีการระบบมด สำหรับการค้นหาเส้นทาง โดยมีพารามิเตอร์เป็นค่าถ่วงน้ำหนักที่สำคัญสำหรับการค้นหาเส้นทางคือ β และ α ซึ่งจากการทดสอบพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้คือ β เท่ากับ 5 และ α เท่ากับ 1 โดยจำนวนรอบในการหาผลเฉลยแต่ละเส้นทางคือ 10 และจำนวนมดในแต่ละรอบคือ 5 ซึ่งพบว่าสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและเส้นทางอื่น ๆ ได้ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหามีมากกว่า 1 เส้นทางและสามารถหลีกเลี่ยงเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านได้โดยสามารถตอบโจทย์ตามวัตถุประสงค์ได้

ดังนั้นจากการประเมินประสิทธิผลในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมกรณีศึกษาเส้นทางในจังหวัดปัตตานีพบว่าสามารถให้คำแนะนำเส้นทางให้กับผู้ใช้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกเส้นทางในการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางโดยใช้ขั้นตอนวิธีระบบมดครั้งต่อไปควรเพิ่มปัจจัยการค้นหาเส้นทางได้แก่สภาพการจราจรสภาพพื้นผิวถนนและความกว้างของถนนเป็นตัวแปรในการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเข้าไปในสมการขั้นตอนวิธีระบบมด

ในสมการที่ 1 ซึ่งขั้นตอนวิธีระบบมดสามารถเพิ่มลดปัจจัยต่าง ๆ ในการค้นหาเส้นทางได้ซึ่งจะทำให้ระบบมีการทำงานที่เร็วกว่าเดิม

2. จากการพัฒนาระบบจำเป็นต้องใช้ข้อมูลการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบที่เกิดขึ้นโดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้ซึ่งพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี มาเพิ่มข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลของผู้วิจัย ซึ่งยังมีข้อจำกัดในเรื่องการเพิ่มข้อมูลแบบทันทีทันใด (Real Time) ในอนาคตอาจพัฒนาให้ระบบสามารถเชื่อมโยงข้อมูลการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบกับฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้แบบอัตโนมัติ

3. ค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผล β และ α เป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงน้ำหนัก ซึ่งในแต่ละงานวิจัยจะมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันออกไปควรปรับค่าถ่วงน้ำหนักให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยการทดสอบหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมกับงานวิจัย โดยค่าถ่วงน้ำหนักอย่างมีเหตุผล β เท่ากับ 5 และ α เท่ากับ 1 โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักจะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นทาง

บทที่ 6 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

1. ทวีป จันทร์เจริญ และอรจิรา สิทธิศักดิ์. (2557), การประยุกต์ขั้นตอนวิธีระบบมดกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม กรณีศึกษา เส้นทางในจังหวัดปัตตานี, International Computer Science and Engineering Conference, (61-66), ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 30 กรกฎาคม 2557, โรงแรมภูเมฆขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
2. ทวีป จันทร์เจริญ อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ อนิสรา เพ็ญสุข (2558) ดัชนีแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุด กรณีศึกษา เส้นทางในจังหวัดปัตตานี. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25 ประจำปี 2558, สงขลา, ประเทศไทย.
3. ทวีป จันทร์เจริญ และอรจิรา สิทธิศักดิ์. (2558), ระบบสนับสนุนการตัดสินใจกับการประยุกต์ขั้นตอนวิธีระบบมด สำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม กรณีศึกษาเส้นทางในจังหวัดปัตตานี, National Conference on Computing and Information Technology, (283-288), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2-3 กรกฎาคม 2558, โรงแรมอโนมา กรุงเทพฯ จังหวัดกรุงเทพ

บรรณานุกรม

- Anselmo C. Paiva. (1999). *A Multiresolution Approach for Internet GIS Applications*. Paper presented at the International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications.
- Chaw. (2007). *Dijkstra's algorithm*. Retrived 13 August 2013 from <http://vcharkarn.com/varticle/1124>
- Christopher D Manning, Prabhakar Raghavan, and Heinrich Schütz. (2009). *An Introduction to Information Retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eric Bonabeau, Marco Dorigo, และ Guy Théraulaz. (1999). *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- GeoServer. (2012). *GeoServer*. from <http://geoserver.org>
- Google Map API. (2013). *Google Map API*. Retrieved 13 July 2015 from Google Developer: <http://mapsmile.com/mapboard/google-maps-api/google-map-api/>
- Google Map. (1995). *Map Route Information*. Retrieved 5 August 2013 from <https://www.google.co.th/maps>
- J M Cbosby, J N Collar, และ J A Stattersfield. (1994). *Birds to watch 2: The world list of threatened birds*. Cambridge, U.K. : Birdlife Conservation Series 4.
- Kittidech Vongsak. (2010). *The Shortest and Subordinate - Path Navigational System using Ant Colony Algorithm*. Retrieved from http://202.44.34.144/nccitedoc/admin/nccit_files/NCCIT๒2011040226.pdf
- Marco Dorigo, และ Thomas Stutzle. (2004). *Ant Colony Optimization*. Hong Kong : Asco Typesetters.
- O. S. Pettingill. (1961). *A Laboratory and Field Manual of Ornithology*. Mennesota: Burge Publishing Company.
- OpenLayers. (2012). *OpenLayers*. from <http://openlayers.org/>
- PostgreSQL. (2012). *PostgreSQL*. Retrieved from <http://www.postgresql.org/>
- QuantumGIS. (2012). *QuantumGIS*. Retrieved from <http://www.qgis.org/>
- Reham Ebada. (2012). *A GIS-Based DSS for Evacuation Planning* . Retrieved 5 August 2013
- Scott Morton, and Michael S. (1971). *Management Decision Systems: Computer-Based Support for Decision Making*. Boston: Harvard University.
- Sureporn Nipithwittaya. (2010). *Application of GIS for the Solid Waste Collection Route in Chanthaburi Municipality* . Retrieved 5 August 2013 from <http://www.anchan.lib.ku.ac.th/kukr/handle/003>
- Vongsak Kittidech. (2010). *The Shortest and Subordinate - Path Navigational System using Ant Colony*

Algorithm. Retrieved 5 August 2013

W P.G Keen, and S M Scott-Morton. (6 May 2001). Decision Support Systems: An Organizational Perspective. *DSS News* .

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล. (2551). *คัมภีร์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและระบบผู้เชี่ยวชาญ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ เคทีพี จำกัด.

กิตติเดช วงศ์ศักดิ์, และ เกียรติศักดิ์ โยชนะนัง. (2553). ระบบค้นหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดและเส้นทางรอง โดยใช้ขั้นตอนวิธีระบบมด. *The National Conference on Computing and Information Technology*, (หน้า 161-166).

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์. (2550). *องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS)*. เรียกใช้เมื่อ 5 สิงหาคม 2556 จาก ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย: <http://www.gisthai.org/about-gis/compo-gis.html>

จิตินันท์ ศรีสุวรรณดี, และ ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2555). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะ ด้วยวิธีการอาณานิคมมดกรณีศึกษาบริษัทเจียรนัยน้ำดื่มจำกัด. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น* , 706- 714.

ทรงชัย แซ่เติน. (2556). *พัฒนาระบบงานภายในองค์กรด้วย PHP*. เรียกใช้เมื่อ 5 สิงหาคม 2556 จาก <http://www.sunzandesign.blogspot.com/2013/01/php.html>

ทวีศักดิ์ นาคม่วง. (2547). *ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)*. เรียกใช้เมื่อ 5 สิงหาคม 2556 จาก http://www.nakhonsithammarat.go.th/web_52/datacenter/doc_download/DSS.pdf

นเรศ คำเชื้อ. (2556). *การใช้โปรแกรมฐานข้อมูลMySQL*. เรียกใช้เมื่อ 5 สิงหาคม 2556 จาก สำนักงานสถิติแห่งชาติ: <http://gdi.nic.go.th/paper.html>

บุญเอื้อ บุญฤทธิ์. (2556). การก่อความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้กับอัตลักษณ์ของคนในพื้นที่และพฤติกรรมของเจ้าหน้าที่รัฐ. *วารสารเกษมบัณฑิต* , 46 - 58.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

พนม ปันจิตร. (2553). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมแมปเชิร์ฟเวอร์*. เข้าถึงได้จาก <http://library.cmu.ac.th>

ราชนกร ปรีกษาดิ, และ สุรนันทา สดสี. (2551). การเปรียบเทียบหาเส้นทางที่เหมาะสมโดยวิธีระบบมดและ Dijkstra's Algorithm. *The National Conference on Computing and Information Technology*, (หน้า 572 - 577). นครนายก.

สุเพชร จิรจจรกุล. (2552). *เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1*. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอส.อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.

สุกิตา จิยานุวัฒน์. (2549). *ฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้*. เรียกใช้เมื่อ 12 มกราคม 2557 จาก

ฐานข้อมูลข่าว 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้: <http://wbns.oas.psu.ac.th/>

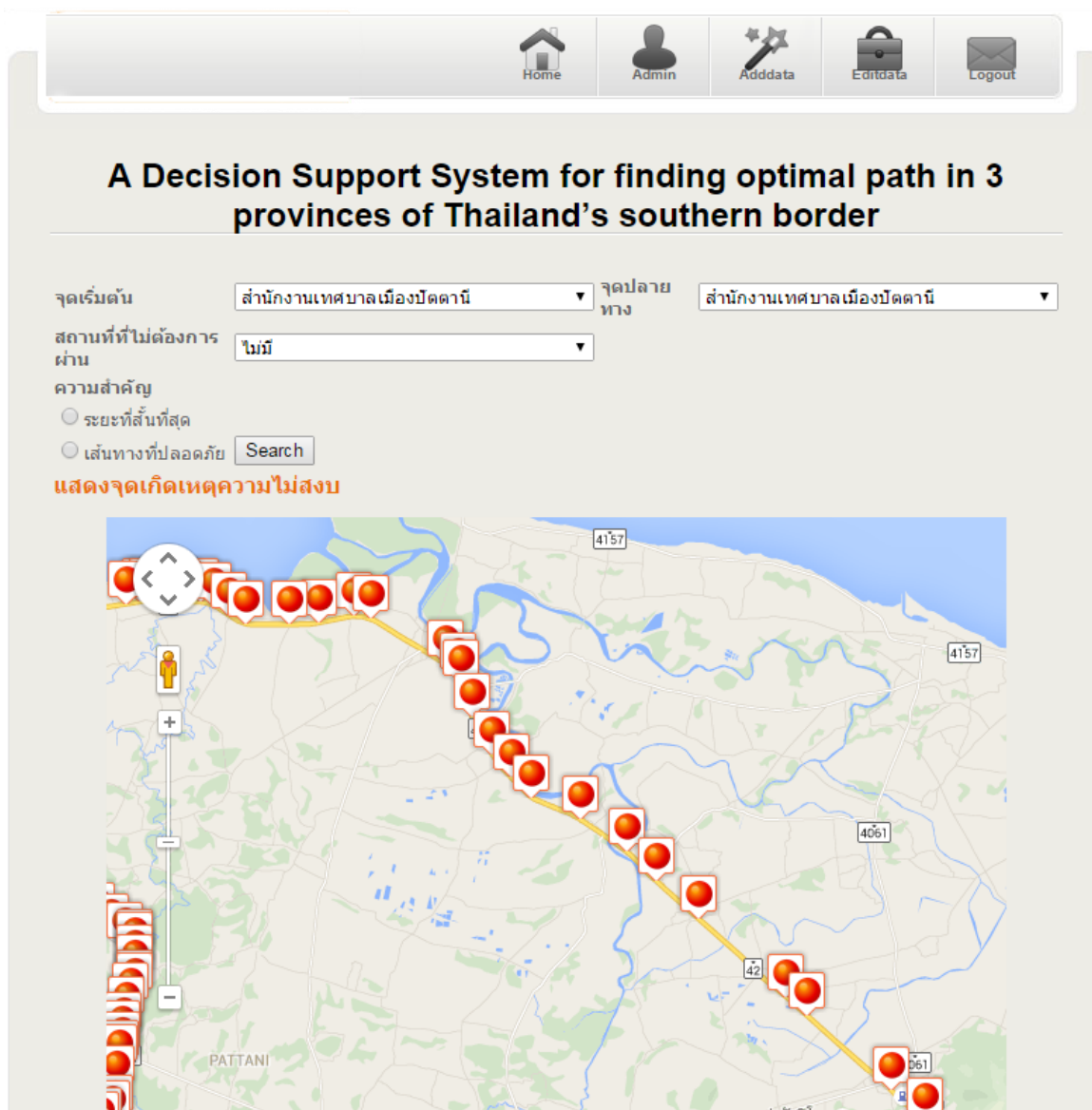
สุพจน์ เหล่างาม. (2547). *เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (SIMULATION MODEL)*. เรียกใช้เมื่อ 13 มกราคม 2556 จาก <http://logisticscorner.com/index.php/2009-05-25-00-45-43/technologies/579-simulation-model.html>

สุพจน์ เหล่างาม. (2552). *เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (SIMULATION MODEL)*. เรียกใช้เมื่อ 13 กรกฎาคม 2556 จาก <http://logisticscorner.com/index.php/2009-05-25-00-45-43/technologies/579-simulation-model.html>

อุทัย สุขสิงห์. (2549). *การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2a* 3.3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

ภาคผนวก : คู่มือการใช้งาน

1. หน้าจอหลักของระบบ

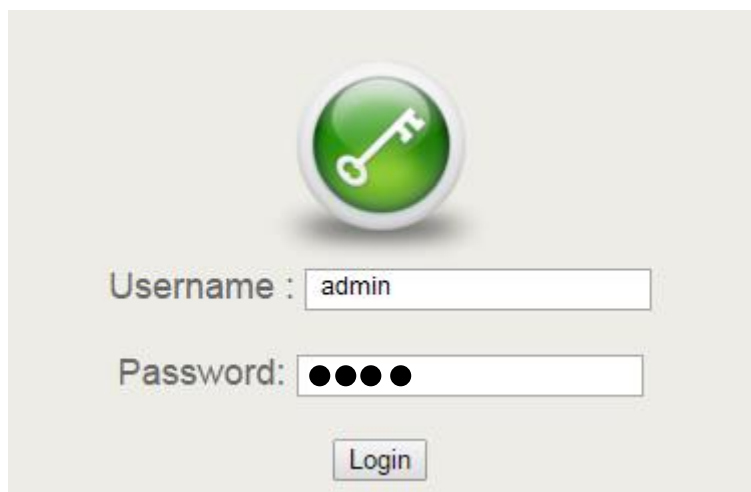


ภาพที่ ก - 1 หน้าจอหลักของระบบ

ภาพที่ ก - 1 แสดงข้อมูลเงื่อนไขการเลือกเส้นทาง ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกตำแหน่งต้นทาง ตำแหน่งปลายทาง สถานที่ที่ไม่ต้องการผ่านรวมทั้งความสำคัญของเส้นทางที่เป็นระยะทางที่สั้นที่สุดหรือเส้นทางที่ปลอดภัย

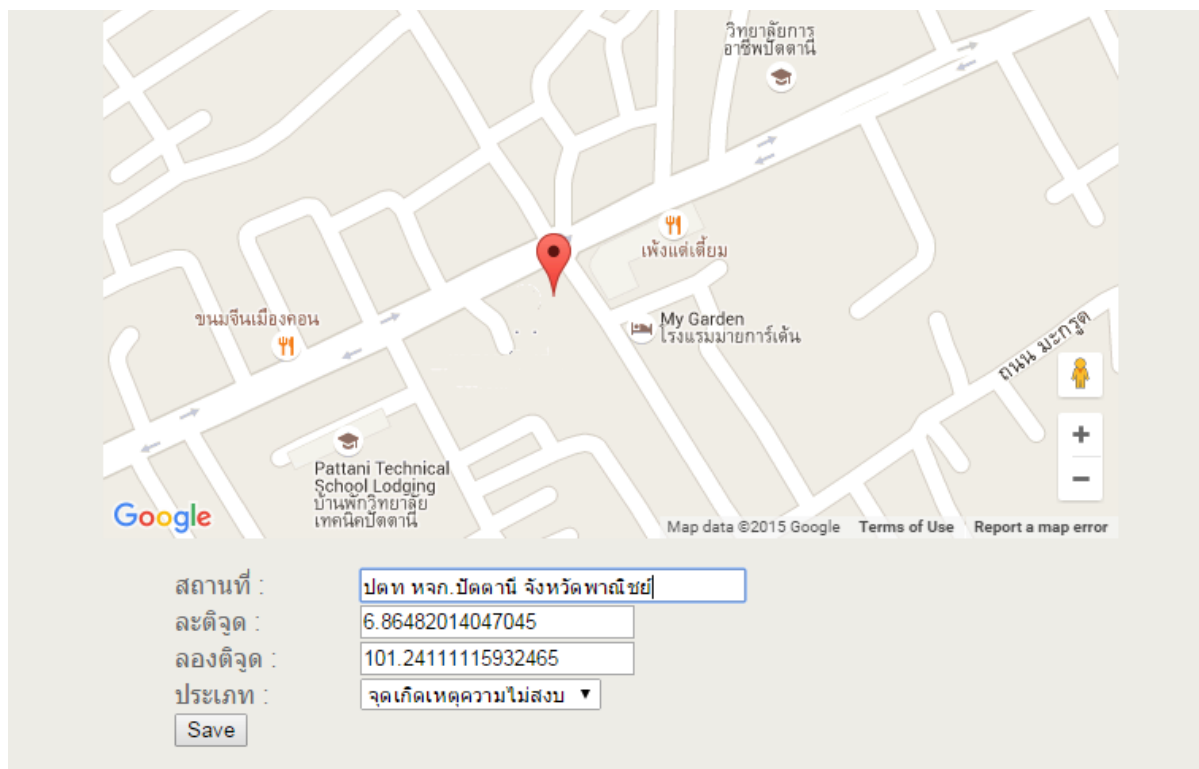
ในส่วนของผู้ดูแลระบบจะสามารถเพิ่มข้อมูลเส้นทางและแก้ไขข้อมูลเส้นทางได้ โดยต้องเข้าสู่ระบบผ่านเมนู “Admin”

2. หน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ ก - 2 หน้าจอการเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ

ในการจัดการข้อมูลเส้นทางต้องเข้าสู่ระบบผ่านเมนู “Admin” เมื่อทำการเลือกเมนูดังกล่าว ระบบแสดงภาพหน้าจอสำหรับการเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ โดยทำการกรอกรหัสผ่าน Username และ Password เมื่อเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว จะสามารถจัดการข้อมูลเส้นทางได้

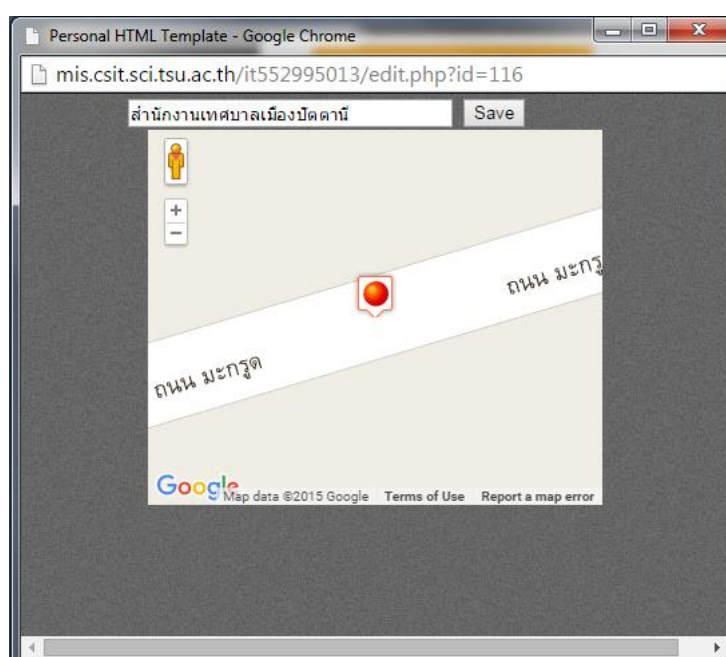


ภาพที่ ก - 3 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลเส้นทาง

จากภาพที่ ก - 3 ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มข้อมูลเส้นทางโดยให้ปักหมุดในแผนที่แล้วละติจูดและลองจิจูดจะปรากฏในช่องกรอกข้อมูล จากนั้นให้กรอกชื่อสถานที่และเลือกประเภท ซึ่งมี 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ สถานที่สำคัญ จุดเกิดเหตุความไม่สงบและทางแยก เมื่อเรียบร้อยแล้วกดปุ่มเพื่อบันทึก

ลำดับ	สถานที่	แก้ไข
1	สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี	
2	วิทยาลัยอาชีวศึกษาปัตตานี	
3	วิทยาลัยการอาชีพปัตตานี	
4	โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี	
5	คริสตจักรปัตตานี	
6	ที่ว่าการอำเภอปัตตานี	
7	ศาลหลักเมืองปัตตานี	
8	งานป้องกันและบรรเทาสาธารณประโยชน์	
9	ศาลตีสุขปัตตานี	
10	วิทยาลัยเทคโนโลยีปัตตานี	
11	ศาลเจ้าแม่ลิ้มกอเหนี่ยว	
12	สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี	
13	มัสยิดกลางปัตตานี	
14	โรงเรียนศาสนดิธรรมวิทยา	
15	โรงเรียนบ้านกาสง	

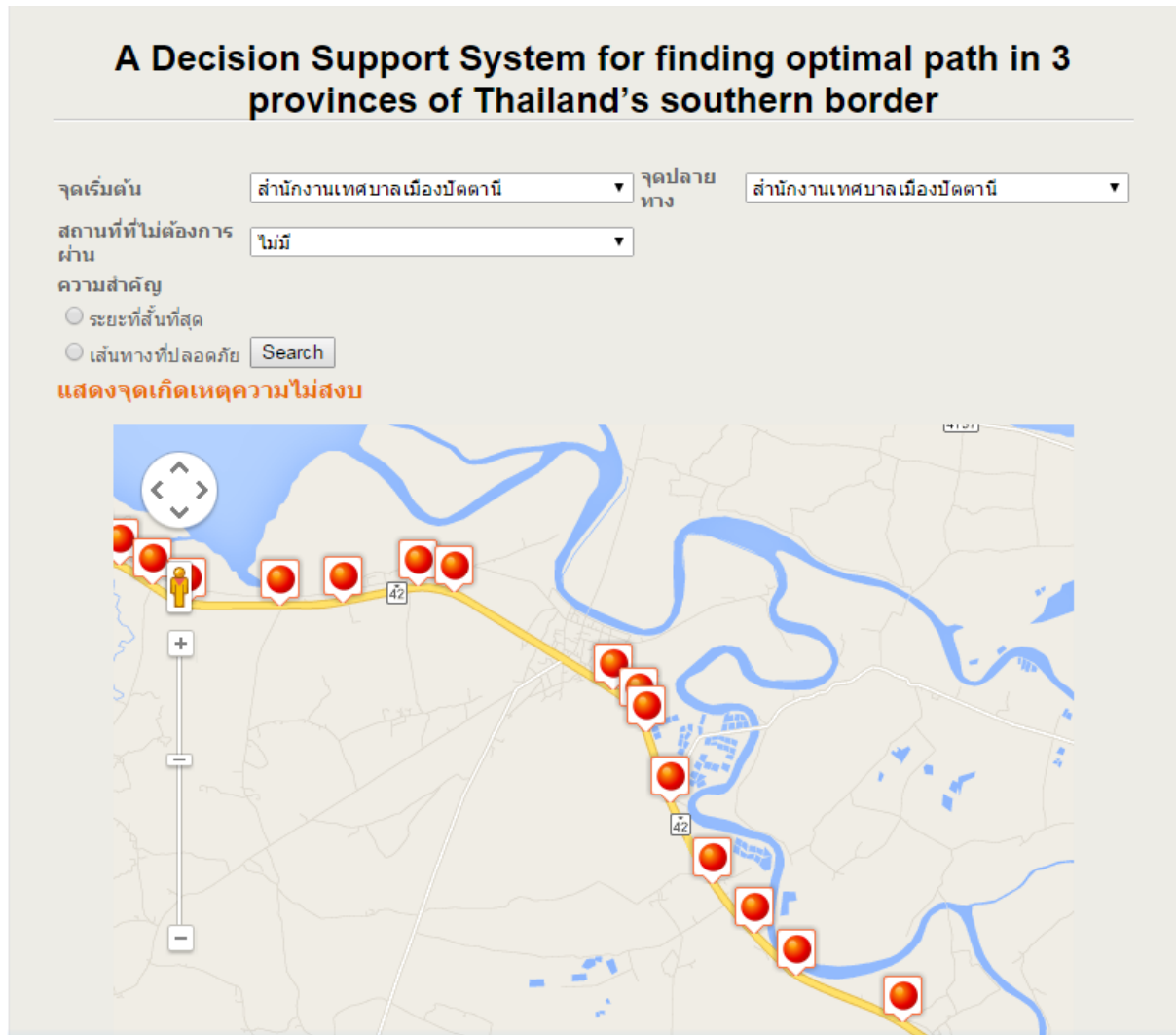
ภาพที่ ก - 4 หน้าจอแก้ไขข้อมูลเส้นทาง



ภาพที่ ก - 5 หน้าจอสำหรับแก้ไขเส้นทาง

เมื่อผู้ดูแลระบบต้องการแก้ไขเส้นทางสามารถทำได้โดยการเลือกเมนู “Edit data” จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ ก - 4 ให้คลิกที่ไอคอนในหัวข้อแก้ไขเส้นทางที่ต้องการ จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ ก - 5 เมื่อทำการแก้ไขเส้นทางแล้วให้กดปุ่ม “Save “ เพื่อบันทึก

3. หน้าจอสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป



ภาพที่ ก - 6 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

ภาพที่ ก - 6 แสดงหน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกตำแหน่งต้นทาง ตำแหน่งปลายทาง สถานที่ที่ไม่ต้องการผ่านรวมทั้งความสำคัญของเส้นทางที่เป็นระยะทางที่สั้นที่สุดหรือเส้นทางที่ปลอดภัย

จุดเริ่มต้น

คริสตจักรปัตตานี

จุดปลายทาง

ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

สถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน

ไม่มี

ความสำคัญ

☒ ระยะที่สั้นที่สุด
 ☐ เส้นทางที่ปลอดภัย

Search

คริสตจักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

เส้นทางที่ 1

คริสตจักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
 โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
 รวมระยะทาง 0.627 กิโลเมตร

เส้นทางที่ 2

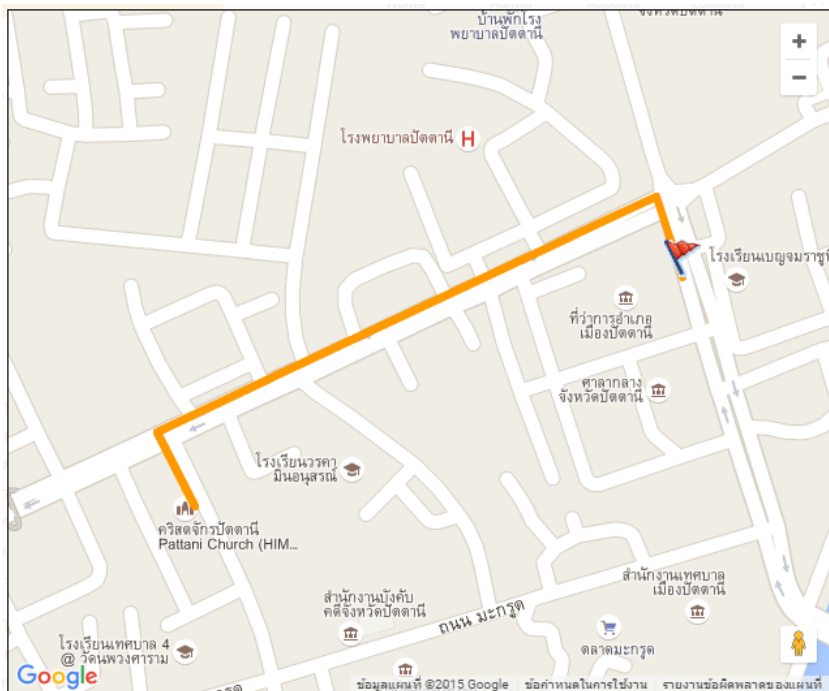
คริสตจักรปัตตานี - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.
 สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
 สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.
 สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
 สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
 รวมระยะทาง 0.879 กิโลเมตร

เส้นทางที่ 3

คริสตจักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
 สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
 โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
 สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
 รวมระยะทาง 1.027 กิโลเมตร

ภาพที่ ก - 7 แสดงผลการค้นหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากคริสตจักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

ภาพที่ ก - 7 แสดงผลการค้นหาเส้นทางในกรณีที่ผู้ใช้เลือกต้นทางคือคริสตจักรปัตตานีและปลายทางคือที่ว่าการอำเภอปัตตานี และมีการเลือกระยะทางที่สั้นที่สุด ระบบจะแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุด 3 เส้นทางเรียงจากน้อยไปหามาก ผู้ใช้สามารถคลิกที่เส้นทางเพื่อแสดงแผนที่ของเส้นทางที่เลือกภาพที่ ก - 9



ภาพที่ ก - 8 แสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่าน Google Map API
 ในกรณีที่เลือกเส้นทางที่ปลอดภัยจะแสดงผลดังภาพที่ ก - 9

จุดเริ่มต้น

คริสต์จักรปัตตานี

จุดปลายทาง

ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

สถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน

ไม่มี

ความสำคัญ

☐ ระยะที่สั้นที่สุด
☒ เส้นทางที่ปลอดภัย

Search

คริสต์จักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี
เส้นทางที่ 1


คริสต์จักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
รวมระยะทาง 0.627 กิโลเมตร
ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

<----->

เส้นทางที่ 2


คริสต์จักรปัตตานี - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.
สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.
สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.
สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.
สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.
รวมระยะทาง 0.879 กิโลเมตร
ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

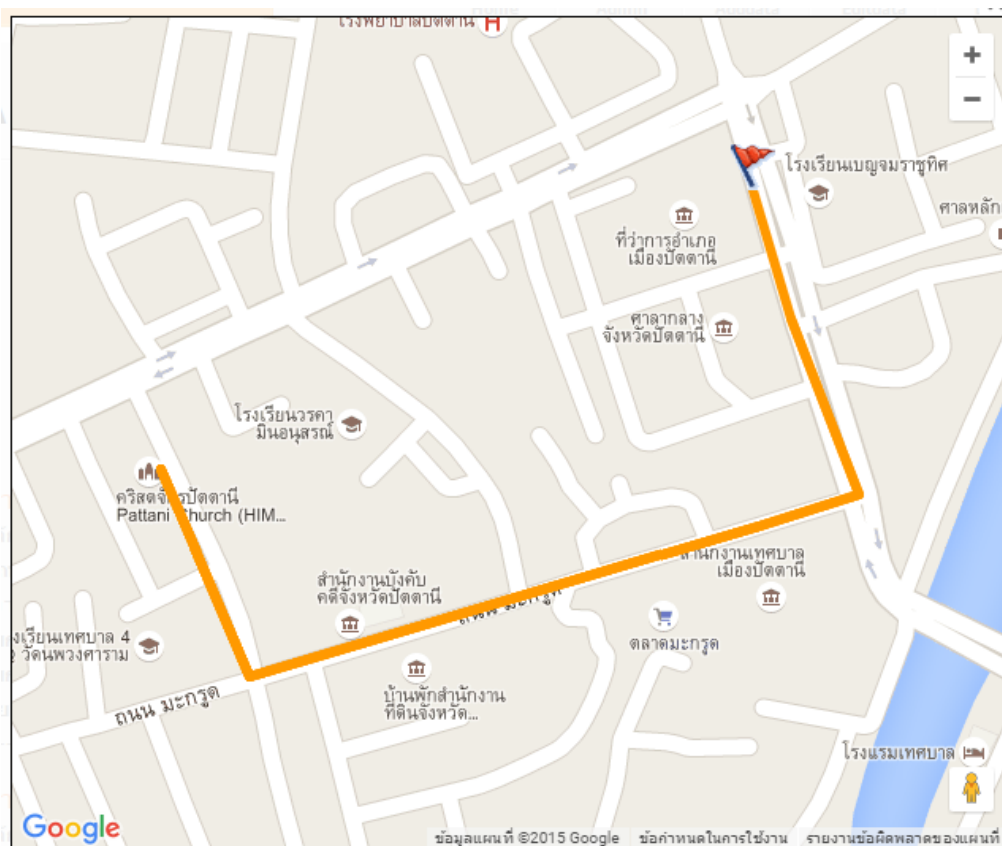
<----->

เส้นทางที่ 3


คริสต์จักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.
สามแยก - โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี 0.4 กม.
โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.1 กม.
สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
สหกรณ์ออมทรัพย์โรงพยาบาลปัตตานี - สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี 0.2 กม.
สี่แยกโรงพยาบาลปัตตานี - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.057 กม.
รวมระยะทาง 1.027 กิโลเมตร
ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

<----->

ภาพที่ ก - 9 แสดงผลการค้นหาระยะทางที่ปลอดภัยจากคริสต์จักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี



ภาพที่ ก - 10 แสดงเส้นทางที่ปลอดภัยผ่าน Google Map API

ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านระบบจะทำการค้นหาเส้นทางใหม่เพื่อเลี่ยงเส้นทางที่ไม่ต้องการผ่านดังภาพที่ ก - 11

จุดเริ่มต้น

คริสต์จักรปัตตานี

จุดปลายทาง

ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

สถานที่ที่ไม่ต้องการผ่าน

โรงพยาบาลจังหวัดปัตตานี

ความสำคัญ

☐ ระยะที่สั้นที่สุด

☒ เส้นทางที่ปลอดภัย

Search

คริสต์จักรปัตตานี ถึง ที่ว่าการอำเภอปัตตานี

เส้นทางที่ 1

คริสต์จักรปัตตานี - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.

สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.

สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.

สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.

รวมระยะทาง0.879 กิโลเมตร

ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

<----->

เส้นทางที่ 2

คริสต์จักรปัตตานี - สามแยก 0.07 กม.

สามแยก - สี่แยก 0.2 กม.

สี่แยก - สามแยก 0.1 กม.

สามแยก - สามแยกถนนมะกรูด 0.1 กม.

สามแยกถนนมะกรูด - สี่แยกถนนมะกรูด 0.2 กม.

สี่แยกถนนมะกรูด - สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี 0.4 กม.

สำนักงานเทศบาลเมืองปัตตานี - สามแยกถนนมะกรูด 0.079 กม.

สามแยกถนนมะกรูด - สามแยก 0.1 กม.

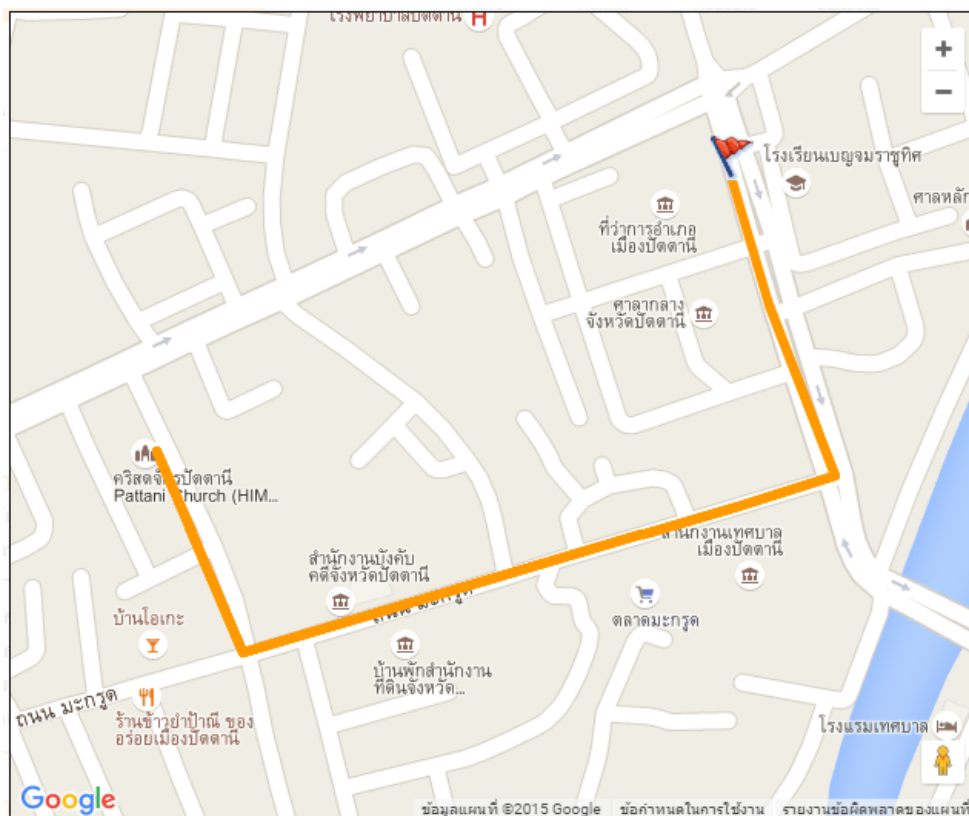
สามแยก - ที่ว่าการอำเภอปัตตานี 0.1 กม.

รวมระยะทาง1.349 กิโลเมตร

ผ่านจุดเคยเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบทั้งหมด 1 ครั้ง

<----->

ภาพที่ ก - 11 แสดงผลการค้นหาหระยะทางที่ปลอดภัยและไม่ต้องการผ่านโรงพยาบาลปัตตานี



ภาพที่ ก - 12 แสดงเส้นทางที่ปลอดภัยโดยไม่ผ่านโรงพยาบาลปัตตานีผ่าน Google Map API

ประวัตินักวิจัยและคณะ

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวอรจิรา สิทธิศักดิ์ Miss Onjira Sitthisak
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110
โทรศัพท์/โทรสาร	โทรศัพท์ 074 – 609600 ต่อ 2579 /074 – 693972
E-mail – address	onjira.sitthisak@gmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน	222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110
โทรศัพท์	082-7491831

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี; วท.บ.(วิทยาการคอมพิวเตอร์) (เกียรตินิยมอันดับ 1)มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปริญญาโท; วท.ม.(การจัดการระบบสารสนเทศ) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ปริญญาเอก; Ph.D.(Computer Science) University of Southampton, United Kingdom

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

1. สรินธร วงศ์หยกสุริยา อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ อนิสรา เพ็ญสุข (2556) ต้นแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแสดงการถือครองที่ดิน กรณีศึกษาตำบลลำสินธุ์และตำบลบ้านนา จังหวัดพัทลุง. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ประจำปี 2556, สงขลา, ประเทศไทย.
2. อนุชิต กลิ่นกำเหนิด อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ ทศนวรรณ ศูนย์กลาง (2556) การประยุกต์การเรียนรู้แบบปรับเหมาะกับแบบทดสอบและเนื้อหา. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ประจำปี 2556, สงขลา, ประเทศไทย.
3. อนุชิต กลิ่นกำเหนิด อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ ทศนวรรณ ศูนย์กลาง. (2555) วารสารวิชาการทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ ผลการประเมินระบบบริหารจัดการการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ กรณีศึกษาเรื่อง องค์ประกอบของระบบสารสนเทศ 1(2): ตุลาคม - กรกฎาคม 2555.
4. ทวีป จันทรเจริญ อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ วราภรณ์ ทนงศักดิ์. (2555) ผลการประเมินด้านการใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับพืชสมุนไพร จังหวัดพัทลุง. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ประจำปี 2555, สงขลา, ประเทศไทย.

5. อนุชิต กลิ่นกำเนิด อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ ทศนวรรณ ศูนย์กลาง (2554) ผลการประเมินด้านการใช้งานระบบบริหารจัดการการเรียนรู้แบบปรับเหมาะกรณี ศึกษาเรื่อง องค์ประกอบของระบบสารสนเทศ โรงเรียนสระยาโยโสมวิทยา. การประชุมทางวิชาการด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ระดับ ชาติ ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
6. อรจิรา สิทธิศักดิ์ อรยา เจริญปรีชาพานิช และศรัณย์วิช นุชบา. (2554). “ผลการประเมินด้านการใช้งานระบบจัดการวารสารอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ”. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554.
7. ชูชาติ ป้อมอาษา อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ ทศนวรรณ ศูนย์กลาง (2554) การประยุกต์เว็บเชิงความหมายกับระบบสืบค้นผลงานทางวิชาการ. การประชุมทางวิชาการด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ระดับ ชาติ ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
8. อรจิรา สิทธิศักดิ์ อรยา เจริญปรีชาพานิช และคณัยศักดิ์ กาโร. (2553). “โปรแกรมต้นแบบระบบจัดการวารสารอิเล็กทรอนิกส์:ระบบย่อยการจัดการบทความ”. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 20 ประจำปี 2553.
9. นาริมาน วิระสิทธิ์ อรจิรา สิทธิศักดิ์ และ วราภรณ์ ทนงศักดิ์. (2556) ต้นแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการตรวจสอบการกระจายตัวของนกในเขตพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557, สงขลา, ประเทศไทย.
10. Sitthisak, O., L. Gilbert, and D. Albert. (2013) Adaptive Learning Using an integration of competence model with Knowledge Space Theory. in the IIAI International Conference on Learning Technologies and Learning Environments (IIAI-LTLE2013). September, 2013, Japan.
11. Sitthisak, O., L. Gilbert, and D. Albert. (2013) Adaptive Learning in Moodle Using Competence-Based Knowledge Space Theory and IMS QTI. in the International Computer Science and Engineering Conference. September, Thailand: IEEE.
12. Sitthisak, O. Gilbert, L. and Soonklang, T. (2013) Integrating Competence Models with Knowledge Space Theory for Assessment. In proceeding of the 2013 International Computer Assisted Assessment (CAA) Conference: Research into E-Assessment, Southampton, UK.
13. Sitthisak, O., L. Gilbert, and D. Albert. (2013) Ontology-driven automatic generation of questions from competency models. in The 9th International Conference on Computing and Information Technology. Thailand: Springer.
14. Jungialern, T., Sitthisak, O. and Tanongsak, W. (2012) Using Open Source GIS for development of internet Geographic Information System: A Case study for Thai Herb

- Database in Phatthalung Province. In : The International Conference on Environmental and Computer Science(ICECS 2012), September, 2012, Thailand.
15. Sitthisak, O. Soonklang, T. and Gilbert, L. (2011) Cognitive Assessment Applying with Item Response Theory. In Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education, Thailand.
 16. Sitthisak, O. and Gilbert, L (2010) An evaluation of generated question sequences based on competency modelling. In Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education, Malaysia.
 17. Sitthisak, O. and Gilbert, L (2010) Extension of IMS LD for improved pedagogical expressiveness in assessment. In proceeding of the International Computer Assisted Assessment (CAA) Conference: Research into E-Assessment, Southampton, UK.
 18. Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. (2009) Transforming a competency model to parameterised questions in assessment. WEBIST 2008, Lecture Notes in Business Information Processing, 18 . pp. 392-405.
 19. Sitthisak, O. and L. Gilbert. (2009). Affordances of machine-processable competency modelling. In proceeding of the International Conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, Rome, Italy.
 20. Sitthisak, O. and L. Gilbert. (2009). Improving the pedagogical expressiveness of IMS LD. In proceeding of the International conference on Technology Enhanced Learning Conference, Taipei, Taiwan.
 21. Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. (2008) TRANSFORMING A COMPETENCY MODEL TO ASSESSMENT ITEMS. In: 4th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST), 4-7 May 2008, Funchal, Madeira - Portugal.
 22. Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. (2008) Deriving e-assessment from a competency model. In: The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008), July 1st- July 5th, 2008, Santander, Cantabria, Spain. Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. (2008) An evaluation of pedagogically informed parameterised questions for self assessment. Learning, Media and Technology, 33 (3).pp.235- 248.
 23. Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. C. (2007) Towards a competency model for adaptive assessment to support lifelong learning. In: TENCompetence Workshop on Service Oriented Approaches and Lifelong Competence Development Infrastructures, 11-12 January 2007, Manchester, UK.

24. Sitthisak, O., Gilbert, L., Zalfan, M. T. and Davis, H. C. (2007) INTERACTIVITY WITHIN IMS LEARNING DESIGN AND QUESTION AND TEST INTEROPERABILITY. In: the 3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST), 3-6 March, Barcelona, Spain.
25. Gilbert, L. and Sitthisak, O. (2007) Pedagogically informed metadata content and structure for learning and teaching. In: TENCompetence Open Workshop on Current research on IMS Learning Design and Lifelong Competence Development Infrastructures, 21-22 June 2007, Barcelona, Spain.
26. Sitthisak, O., Gilbert, L., Davis, H. C. and Gobbi, M. (2007) Adapting health care competencies to a formal competency model. In: The 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), July 18-20, 2007, Niigata, Japan.
27. Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. C. (2007) Transforming a competency model to assessment items. In Proceedings of PROLIX Workshop2007 in conjunction with ECTEL07, Create, Greece.
28. Gilbert, L., Sitthisak, O., Sim, Y. W., Wang, C. and Wills, G. (2006) From collaborative virtual research environment to teaching and learning. In: TENcompetence Workshop: Learning Networks for Lifelong Competence Development, 30-31 March 2006, Sofia, Bulgaria.

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1. ระบบจัดการวารสารอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. การพัฒนาฐานข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติโดยชุมชนมีส่วนร่วม กรณีศึกษาจังหวัดพัทลุง
3. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับพืชสมุนไพร จังหวัดพัทลุง

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

อรจิรา สิทธิศักดิ์. (2552). Implementing E-Learning Specification. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 12(2):85-91; กรกฎาคม-ธันวาคม 2552.

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

1. รางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายระดับชมเชยสาขาวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย ประจำปี 2553 มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. รางวัล 1 ใน 10 สำหรับ Best Technology Design Paper Award ณ the 18th International Conference on Computers in Education 2010, Malaysia

จ. ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ

อาจารย์ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล นางสาวอนิสรา เพ็ญสุข
Miss Anisara Pensuk
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ
จังหวัดพัทลุง รหัสไปรษณีย์ 93110
โทรศัพท์/โทรสาร 074-693996 โทรสาร –
E-mail – address anisara.pensuk@gmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน 222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110
โทรศัพท์ 082-7491831

3. ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล นายทวีป จันทร์เจริญ
Mr. Tavib Chunhareng
ตำแหน่งทางวิชาการ นักศึกษาปริญญาโท สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ
สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง รหัสไปรษณีย์ 93110
โทรศัพท์/โทรสาร 074-693972 โทรสาร –
E-mail – address a_512021218@hotmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน 222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110
โทรศัพท์ -

ผลงานวิจัย

1. ทวีป จันทร์เจริญ และอรจิรา สิทธิศักดิ์. (2557), การประยุกต์ขั้นตอนวิธีระบบมดกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม กรณีศึกษา เส้นทางในจังหวัดปัตตานี, International Computer Science and Engineering Conference, (61-66), ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 30 กรกฎาคม 2557, โรงแรมภูแมนขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
2. ทวีป จันทร์เจริญ และอรจิรา สิทธิศักดิ์. (2558), ระบบสนับสนุนการตัดสินใจกับการประยุกต์ขั้นตอนวิธีระบบมด สำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม กรณีศึกษาเส้นทางในจังหวัดปัตตานี, National Conference on Computing and Information Technology, (283-288), คณะ

เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2-3 กรกฎาคม
2558, โรงแรมอโนมา กรุงเทพฯ จังหวัดกรุงเทพ



หนังสือรับรองการนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ข้าพเจ้า ศ.ดร.นิตยาพร คึกฤทธิ์ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัยและนวัตกรรม
ชื่อหน่วยงาน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา สถานที่ตั้ง ม.คลองควาย อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
โทรศัพท์ 0946-0195732 โทรสาร - อีเมล windy-soul@hotmail.com

ขอรับรองว่าได้นำงานวิจัย เรื่อง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ซึ่งดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2558 ผลงานของ ผศ.ดร.อรจิรา สิริศักดิ์ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณมาใช้ประโยชน์ในหน่วยงานของข้าพเจ้า ช่วงเวลาการใช้ประโยชน์ระหว่างวันที่ 1 ก.ย. 58 ถึงวันที่ 31 ต.ค. 58 โดยเป็นการใช้ประโยชน์ในด้านต่อไปนี้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☒ การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ
- ☒ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย
- ☐ การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

โดยเป็นฐานข้อมูลในการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยและเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อเดินทางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ข้าพเจ้าขอลงนามในหนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นหลักฐานการใช้ประโยชน์งานวิจัย/ผลงานสร้างสรรค์ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

สำหรับผู้นำไปใช้ประโยชน์	สำหรับผู้นำชุมชนหรือหมู่บ้าน
ลงลายมือชื่อ <u>ศ.ดร.นิตยาพร คึกฤทธิ์</u> (..... <u>นิตยาพร คึกฤทธิ์</u>) ตำแหน่ง <u>ผู้อำนวยการกองบริหารงานวิจัยและนวัตกรรม</u> <u>มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา</u> วันที่ <u>12</u> / <u>พ.ย.</u> / <u>58</u>	ลงลายมือชื่อ..... (.....) ตำแหน่ง..... วันที่...../...../.....

หมายเหตุ: 1. ถ้าหากมีตราของหน่วยงานกรุณาประทับตราของ